



Hauser

COURS

DE

CONSTRUCTION NAVALE

PARIS. — IMPRIMERIE E. BERNARD ET Cie, 71, RUE LACONDAMINE.

COURS

DE

CONSTRUCTION NAVALE

PROFESSÉ

A L'ÉCOLE D'APPLICATION DU GÉNIE MARITIME

PAR

A. HAUSER

INGÉNIEUR DE LA MARINE

Chevalier de la Légion d'Honneur

SOUS-DIRECTEUR A L'ÉCOLE D'APPLICATION DU GÉNIE MARITIME

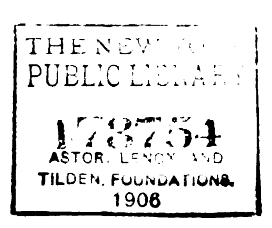


PARIS

E. BERNARD ET CIE, IMPRIMEURS - ÉDITEURS

71, Rue Lacondamine, 71

1886



261 **Hauser** (A.) Cours de Construction Navale, professé a l'ecole d'application du genie maritime, 4to, *binder's cl.*, 7/6 (*Paris*), 1886

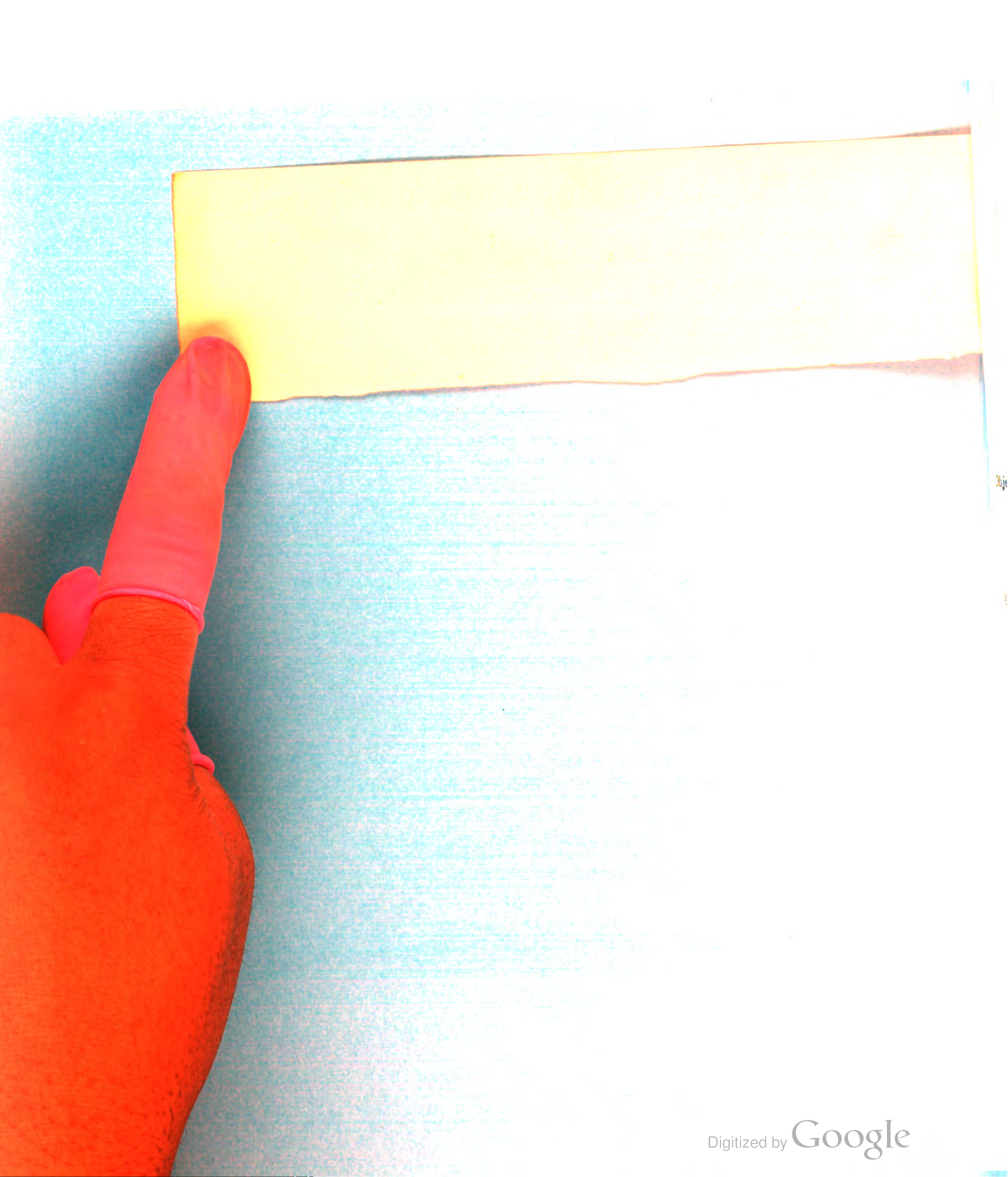


TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES.

PREMIÈRE PARTIE.

GÉNÉRALITÉS. — MÉTHODES DE TRACÉ. — CALES.

DEUXIÈME PARTIE.

CONSTRUCTION EN BOIS.

CHAPITRE V. — Généralités sur la taille des pièces. Quille. Étrave.

CHAPITRE VI. — Couples.

CHAPITRE VII. — Charpente de l'arrière.

CHAPITRE VIII. — Travail des couples. Équerrages.

CHAPITRE IX. — Levée des couples. Balancement.

CHAPITRE X. — Charpente des ponts.



CHAPITRE XI. — **Courbage. Épontillage.**

CHAPITRE XII. — **Revêtements intérieurs.**

CHAPITRE XIII. — **Bordé extérieur.**

CHAPITRE XIV. — **Systèmes divers de consolidation.**

CHAPITRE XV. — **Détails divers.**

CHAPITRE XVI. — **Perçage. Chevillage.**

CHAPITRE XVII. — **Introduction du fer dans la construction en bois.**



CHAPITRE XVIII. — **Construction en bordages croisés.**

CHAPITRE XIX. — **Poids de coque. Échantillons. Jaugeage.**

CHAPITRE XX. — **Conduite des travaux.**

TROISIÈME PARTIE.

CONSTRUCTION EN FER ET ACIER.

CHAPITRE XXI. — **Historique. Avantages et inconvénients de la construction en fer. Échantillons.**

CHAPITRE XXII. — **Membres. Quilles. Carlingues.**

CHAPITRE XXIII. — **Étrave. Étambot.**



CHAPITRE XXIV. — **Charpente des ponts. Muraille des gaillards.**

CHAPITRE XXV. — **Bordé.**

CHAPITRE XXVI. — **Cloisons étanches.**

CHAPITRE XXVII. — **Système longitudinal.**

CHAPITRE XXVIII. — **Système longitudinal adopté en France. Membrure sous cuirasse.**

CHAPITRE XXIX. — **Tracé des navires en fer.**

CHAPITRE XXX. — **Rivetage.**

CHAPITRE XXXI. — **Blindage.**

CHAPITRE XXXII. — **Conduite des travaux. Procédés de mise en œuvre.**

CHAPITRE XXXIII. — **Emploi de l'acier.**

CHAPITRE XXXIV. — **Constructions composites. Protection des carènes en fer, du blindage.**

CHAPITRE XXXV. — **Compartiments étanches, manœuvres d'eau, ventilation.**



QUATRIÈME PARTIE.

MISE A L'EAU. — APPAREILS DE RADOUB.

CHAPITRE XXXVI. — **Lancement.**

CHAPITRE XXXVII. — **Régime des marées. Halage sur cale. Platins d'échouage.**

CHAPITRE XXXVIII. — **Bassins de radoub. Bateaux-portes.**

CHAPITRE XXXIX. — **Docks flottants. Grues. Mâtures.**

CHAPITRE XL. — **Visites et radoubs.**



CINQUIÈME PARTIE.

ACCESSOIRES DE COQUE.



SIXIÈME PARTIE.

EMMÉNAGEMENTS.

CHAPITRE XLVI. — **Emménagements. Disposition générale. Extérieur. Gaillards.**

CHAPITRE XLVII. — **Emménagements de la cale.**

CHAPITRE XLVIII. — **Logements du personnel.**

CHAPITRE XLIX. — **Cuisines et fours. Bouteilles et poulaines. Accessoires divers. Pompes.**

CHAPITRE L. — **Installations relatives à l'artillerie. Abris blindés. Torpilles.**



SEPTIÈME PARTIE.

MATURE. — VOILURE. — GRÉEMENT.

CHAPITRE LI. — Règlement de mâture.

CHAPITRE LII. — Construction des mâts et vergues.

CHAPITRE LIII. — Gréement. Tenue des mâts. Dormant.

CHAPITRE LIV. — Manœuvres courantes.



CHAPITRE LV. — **Voilure.**

HUITIÈME PARTIE.

PRINCIPAUX TYPES DE NAVIRES.

CHAPITRE LVI. — **Constitution de la flotte française. Navires cuirassés.**

CHAPITRE LVII. — **Flottes cuirassées étrangères.**

CHAPITRE LVIII. — **Croiseurs. Canonnières.**



CHAPITRE LIX. — **Torpilleurs. Transports.**

COURS

DE

CONSTRUCTION NAVALE.

PREMIÈRE PARTIE.

GÉNÉRALITÉS. — MÉTHODES DE TRACÉ. — CALES.

CHAPITRE PREMIER.

GÉNÉRALITÉS. — DESCRIPTION SOMMAIRE. — TERMES TECHNIQUES.

Objet et division du cours. — La construction du navire a pour objet la description, les procédés de travail et d'assemblage des différents éléments qui entrent dans la coque et ses accessoires, abstraction faite de la recherche des formes et des proportions d'ensemble les plus convenables. Les qualités nautiques que l'on recherche, vitesse, stabilité, port, ayant servi de base à l'auteur du plan pour déterminer les formes extérieures, l'étude de la construction permet de les réaliser, en assurant au navire une solidité et une durée suffisantes, et cela par les procédés les plus économiques.

Le cours de construction se divisera en huit parties :

Première partie.		Généralités, méthodes de tracé, cales.
Deuxième	—	Construction en bois.
Troisième	—	Construction en fer.
Quatrième	—	Mise à l'eau, appareils de radoub.
Cinquième	—	Accessoires de coque.
Sixième	—	Emménagements.
Septième	—	Mâture, voilure, gréement.
Huitième	—	Principaux types de navires de guerre.

Nous prendrons comme point de départ la construction en bois des navires de guerre, qui occupe encore aujourd'hui une certaine place dans les travaux des arsenaux.

Les navires du commerce n'entreront qu'accessoirement dans notre étude, quoiqu'ils puissent souvent nous fournir des exemples utiles; mais leur but très différent, les conditions de prix de revient auxquelles ils doivent être fournis, les conséquences beaucoup plus graves d'une défectuosité sur un bâtiment de guerre font qu'il ne faut pas croire nécessairement applicable au travail des

arsenaux tout ce qui se fait dans les chantiers de l'industrie, dont les procédés sont généralement plus économiques, mais souvent moins sûrs.

Formes extérieures; qualités du navire. — Le tracé des formes extérieures ne suit aucune loi mathématique; quoique des considérations théoriques y entrent pour une certaine part, il est en majeure partie le produit de tâtonnements et d'améliorations graduelles, déduites de nombreuses expériences. Les tentatives de génération géométrique des carènes, telles que celle de M. Scott Russell, n'ont conduit jusqu'ici à aucun progrès sérieux; le plus souvent, la forme du navire résulte d'une transaction entre des qualités contradictoires, que l'on cherche à concilier en faisant prédominer l'une ou l'autre, suivant le but spécial du navire. Les principales de ces qualités, dont la recherche influe non seulement sur la forme, mais encore sur la nature, l'échantillon et l'agencement des matériaux, sont les suivantes :

1° La solidité de la coque doit être suffisante pour permettre au navire de supporter les efforts statiques et dynamiques, qui résultent de son service, efforts dus au mouvement de la mer, à l'action de la voilure, du moteur à vapeur, etc.; efforts variables suivant les mers dans lesquelles il opère, la vitesse qu'on veut lui donner, etc. Trop développée, la solidité alourdit la coque, réduit le poids d'armement que le navire peut porter, amoindrit sa valeur militaire.

2° La vitesse s'acquiert en diminuant la résistance à la marche, ce qui conduit à réduire les dimensions transversales, à augmenter la longueur, aux dépens de la solidité de la coque. On l'obtient aussi par une augmentation de puissance et de poids du moteur, ce qui restreint d'autant le poids à consacrer à la puissance offensive et défensive, canons, torpilles, équipage, cuirasse, etc.

3° La stabilité doit être suffisante pour la marche à la voile; trop forte, elle exagère le roulis
[illegible] gênante, nécessite une grande largeur et un faible tirant d'eau, nuisibles au développe-
[illegible]se et à l'utilisation du propulseur.
[illegible] d'évolution limite la longueur, et conduit à des résultats analogues.
[illegible]lité demande un développement suffisant des œuvres mortes, nécessaires
[illegible]page, installer l'artillerie; celles-ci augmentent le poids, surtout si on
[illegible] blindage.
[illegible] puissance de l'artillerie forcent également à développer les
[illegible]bilité et de la puissance défensive du navire.

[illegible]**ue.** — La seule propriété géométrique du navire est la
[illegible]vant et l'arrière sont affinés, le premier pour fendre et
[illegible] facilement dans le sillon creusé par le navire, et, si
[illegible]bondamment le liquide nécessaire à son action. Le
[illegible]*diamétral;* de l'avant à l'arrière, on trouve l'*avant*
[illegible] ou *poupe.*
[illegible] confusion, on appelle *tribord* le côté de droite,
[illegible] l'arrière et faisant face à l'avant.
[illegible] confusions dangereuses pour la manœuvre
[illegible] *bord-tri, bord-bas,* puis on a adopté, pour
[illegible] et *gauche* (1). En Angleterre, on a sub-
[illegible]ait avec *starboard* (tribord).
[illegible] *œuvres vives* ou *carène* (ne pas con-

fondre avec *basse carène*, partie fixe du gréement des bas mâts), portion toujours immergée de la coque, dont la forme et la dimension ont une importance capitale au point de vue du port du navire et de sa vitesse. Plus haut, se trouve l'*exposant de charge*, tranche intermédiaire, comprise entre les flottaisons correspondant à l'état de chargement le plus faible, ou *flottaison lège*, et à l'état de chargement le plus fort prévu, ou *flottaison en charge*. Au-dessus enfin, on trouve les *œuvres mortes*, partie qui, n'étant jamais immergée, assure au navire les qualités de navigabilité, fournit à l'artillerie l'emplacement nécessaire, le commandement et les angles de tir ; à la mâture des points d'appui ; enfin au personnel les logements et l'aération, que la vie à bord exige.

Description sommaire de la charpente. — L'enveloppe étanche, qui constitue la coque, a sa forme maintenue par une ossature appelée *membrure*, et formée d'arcs en charpente appelés *couples*, perpendiculaires à la fois au diamétral, et tantôt à la flottaison *droite*, c'est-à-dire parallèle à la quille, tantôt à la *flottaison en différence*, ou flottaison réelle du navire. Chaque couple est composé d'une série de pièces appelées *membres*. Le couple placé à mi-distance des extrémités porte le nom de *couple milieu;* c'est généralement celui qui offre la section transversale la plus grande ou *maître-couple*. La position de chaque couple est définie par le plan qui le traverse à mi-épaisseur, et qui porte le nom de *plan de gabariage;* l'écartement de ces plans, ou *distance de gabariage en gabariage*, est généralement constant d'un bout à l'autre du navire; il est quelquefois augmenté aux extrémités.

Les *couples de levée* sont travaillés à leurs formes exactes, et assemblés avant tout montage; on intercalait autrefois entre eux d'autres couples, dont on déduisait la forme de celle des couples de levée, et qui prenaient le nom de *couples de remplissage*. L'espace compris entre deux couples consécutifs porte le nom de *maille;* quelquefois il existe un vide analogue entre les deux plans d'un couple; il porte le nom de *petite maille*.

Les couples reposent sur une pièce longitudinale appelée *quille*, qui se relève à l'avant et à l'arrière, pour former l'*étrave* et l'*étambot*. En dessous de la quille se place une pièce additionnelle, destinée à la défendre des chocs et appelée *fausse-quille*. Par-dessus les couples se trouve une pièce longitudinale parallèle à la quille, appelée *carlingue*, qui se relève aux extrémités pour former les *marsouins* avant et arrière.

La charpente à claire-voie, constituée par les pièces précédentes, est recouverte d'une enveloppe étanche appelée *bordé*, formée de *bordages;* les bordages sont disposés par files longitudinales, nommées *virures*, et leurs faces de joint portent le nom de *can*. La virure la plus basse, appelée *galbord*, sur toute sa longueur, les autres virures, à leurs extrémités, s'encastrent dans des feuillures triangulaires appelées *râblures* de quille, d'étrave, d'étambot. La râblure de quille est définie par la position de ses trois arêtes : *trait supérieur* ou *dessus-quille*, *fond de râblure*, *trait inférieur* ou *fond de carène;* on la détermine aussi par sa *hauteur* et sa *profondeur*. Les râblures d'étrave et d'étambot ont un *trait extérieur*, un *fond*, un *trait intérieur*. La *hauteur* de la quille est comptée à partir du trait supérieur de râblure, et le *tableau* de quille depuis le fond de carène jusqu'au-dessous de la quille; la portion de la quille située au-dessus du trait supérieur porte le nom de *contre-quille*.

La capacité intérieure de la coque est divisée en entreponts par des planchers ou *ponts;* le plus bas porte le nom de *plate-forme de cale*, les suivants de *faux-pont inférieur*, *supérieur;* au-dessus se trouvent une ou plusieurs *batteries* pouvant recevoir de l'artillerie; le dernier pont porte le nom de *gaillards*. Dans l'ancienne flotte à voiles, le pont des gaillards était fractionné en deux parties séparées par un vide, portant les noms de *gaillards* d'avant et d'arrière, et réunies par



deux passages latéraux appelés *passavants;* les mêmes appellations se sont conservées pour les ponts des gaillards continus. La muraille est toujours prolongée au-dessus du pont supérieur, de manière à protéger l'équipage contre la mer, et souvent contre les vues de l'ennemi et la fusillade; elle est terminée par une pièce longitudinale appelée *plat-bord*, surmontée souvent d'une caisse appelée *bastingage* et destinée à renfermer les hamacs.

Sur les gaillards s'élèvent souvent, dans la partie centrale, des constructions appelées *roofs;* aux extrémités, quand ces constructions continuent les formes extérieures, elles prennent le nom de *dunette* à l'arrière, de *teugue* à l'avant. Quelquefois, enfin, la muraille allégée est continuée de bout en bout, et porte un pont de faible échantillon appelé *spardeck*. Les entreponts reçoivent la même appellation que le pont qui les limite par en bas.

Les ponts sont formés de poutres transversales appelées *baux* ou *barrots*, recouvertes de bordages longitudinaux jointifs; ils sont percés d'ouvertures appelées *panneaux* et *écoutilles*, servant à la communication par des échelles, et permettant la circulation et l'aérage; le jour arrive par des *claires-voies* placées sur certaines écoutilles; par des *sabords*, ouvertures rectangulaires percées dans la muraille pour le tir du canon, limités par un *seuillet*, un *sommier* et des *façades*. Les faux-ponts n'ont pas de sabords; ils reçoivent le jour et l'air par de petites ouvertures rondes, garnies d'une fermeture transparente, et appelées *hublots*.

La *hauteur de batterie*, mesure du commandement de l'artillerie, est la distance verticale qui sépare de la flottaison l'arête extérieure du sabord le plus bas de la batterie inférieure. A la hauteur de chaque pont, autre que le faux-pont, se trouvent plusieurs virures de bordé renforcées, appelées *préceintes : grandes préceintes* pour les batteries basses, *petites préceintes* pour la batterie haute, *préceintes de vibord* pour les gaillards. La surface supérieure de chaque barrot est définie par la corde ou *ligne droite,* réunissant les points où son contour supérieur prolongé rencontre la surface extérieure de la membrure, et sa flèche ou *bouge*. La courbe engendrée sur la surface extérieure par les traces des lignes droites s'appelle le *livet;* la courbe qui réunit les points milieu de la surface supérieure des barrots s'appelle *ligne milieu*.

La position des ponts est définie par le *creux sur fond de carène,* compté verticalement et au couple milieu, du fond de carène à la ligne droite des baux du pont le plus élevé, et par le relèvement du pont aux extrémités ou *tonture*. Les autres ponts sont rapportés au premier par leurs distances verticales de ligne droite en ligne droite (1).

Arrière des anciens bâtiments. — Dans les anciens bâtiments, la charpente de l'arrière (*pl.* 1, *fig.* 1-2) différait assez de celle des navires actuels : un dernier couple vertical, *st*, *dévoyé*, c'est-à-dire formé de deux branches inclinées sur le diamétral, portait le nom d'*estain*. Il recevait les extrémités de barres horizontales ou peu inclinées, *cd*, sortes de couples, dont la partie milieu s'appuyait sur l'étambot; la plus élevée de toutes ces barres, *ab*, s'appelait *barre d'hourdy*.

Au-dessus de la barre d'hourdy, la surface arrière se composait d'une partie concave dans le sens vertical, appelée *arcasse* ou *voûte*, puis d'une partie plane, ou à peu près, appelée *tableau;* cette surface était formée par des membres simples, reposant sur la barre d'hourdy, et appelés, dans la partie inférieure concave *ef*, *allonges de voûte*, dans la partie supérieure *fg*, *quenouillettes du tableau*. La voûte et le tableau ne se raccordaient pas avec la surface latérale de la muraille; ils venaient la rencontrer à angle vif, suivant une ligne à double courbure, appelée *arête de cornière*, et constituée par l'*allonge de cornière*, *hi*.

(1) Le creux sur quille s'est compté jusqu'ici à partir du dessus-quille, et jusqu'à la ligne droite des baux du pont de la batterie basse. Il faut y ajouter la hauteur de râblure et la somme des distances de ligne droite en ligne droite, pour obtenir le creux réglementaire aujourd'hui.

Les formes de ces arrières, qui se prêtaient d'ailleurs à une riche ornementation et à un déploiement de sculpture, qui ont eu leur apogée au XVIIe siècle, étaient nécessitées par l'installation du gouvernail. Cet appareil (*pl.* 1, *fig.* 3), placé à l'arrière dans le plan diamétral, se compose d'un plan résistant continué dans le haut par un arbre vertical ou *mèche*, qui rentre à bord par un trou, ou *jaumière*, percé dans la voûte, garni d'une *braie* en cuir, et sert à donner au gouvernail un mouvement de rotation. Le gouvernail étant suspendu à des gonds fixés à son arête antérieure, et la mèche prolongeant sa forme, il fallait donner à la jaumière un assez grand développement, suivant les contours *m n p q r*, pour obtenir le jeu nécessaire à son excursion maxima sur chaque bord; la saillie de la voûte, destinée à masquer la mèche, en était la conséquence.

On a cherché à éviter cette saillie, en laissant la mèche à l'extérieur de la charpente proprement dite (*pl.* 1, *fig.* 4), en la recouvrant de constructions légères, et en ne faisant rentrer que la *barre* par un sabord percé dans l'axe; cette solution, assez peu gracieuse à l'œil, n'a été adoptée que sur quelques bâtiments.

Par la suite on a dévoyé la mèche, c'est-à-dire qu'on a placé son axe en prolongement de celui des ferrures (*pl.* 1, *fig.* 5); on l'a rendue cylindrique, ce qui a permis d'assurer son jeu en ne perçant qu'une jaumière circulaire d'un diamètre égal au sien. Plus récemment, l'adoption de mèches en fer, d'un diamètre beaucoup plus faible, est venue rendre l'installation des arrières plus satisfaisante encore.

Les formes des arrières carrés avaient l'inconvénient de rompre la continuité de la charpente, en forçant à construire d'une manière beaucoup moins solide l'extrémité arrière, qui était incapable de résister au tir des projectiles, et insuffisamment reliée au reste de la construction. Les canons de la batterie inférieure, dont les sabords étaient percés dans la voûte, avaient leur tranche de volée au-dessous du tableau, que leur tir ébranlait violemment. Enfin les pièces de l'arcasse et celles des sabords de la batterie ne pouvaient croiser leurs feux (*pl.* 1, *fig.* 6, A), et laissaient un angle mort, de l'intérieur duquel un assaillant pouvait atteindre, sans être atteint, et écraser son adversaire avec une artillerie de force inférieure.

Dans les navires modernes, on n'a conservé de l'ancienne construction que le principe de l'estain; un certain nombre de couples sont formés comme lui de deux branches inclinées sur le plan diamétral, et appelés *couples dévoyés*. Quant à la forme extérieure, la réduction du porte-à-faux nécessaire a permis de la varier.

Le plus souvent, on a fait usage d'arrières ronds (*pl.* 1, *fig.* 6, B); on est arrivé à cette forme en étudiant les sections horizontales de telle façon, que toutes les pièces de l'arrière croisent leurs feux sans angles morts; leur contour se compose d'une partie méplate raccordée avec les murailles latérales par des arcs de cercle. La section par le plan longitudinal (*pl.* 1, *fig.* 7), est une courbe convexe vers l'arrière, donnant la saillie nécessaire à la jaumière; quelquefois, elle se compose de deux lignes droites (*pl.* 1, *fig.* 8), et l'arrière a une arête horizontale à la hauteur d'un pont.

Les arrières ronds, ou elliptiques, offrent, comme les arrières carrés, un développement de ponts assez considérable pour fournir des logements confortables; mais ils sont lourds, et on les a souvent remplacés par des arrières pointus (*pl.* 1, *fig.* 9); les murailles latérales se prolongent jusqu'à l'arrière et viennent se rencontrer sous un angle vif plus ou moins ouvert; l'arête ainsi formée peut être rectiligne ou offrir une certaine rentrée (*pl.* 2, *fig.* 10). Cette dernière disposition a pour but, sur des bâtiments ayant de l'artillerie dans l'axe, sur les gaillards, d'assurer un tir suffisant sans surcharger l'extrême arrière.

Dans tous ces systèmes, la charpente se compose de couples dévoyés en éventail, et de



pièces diamétrales appelées *allonges de poupe*. Quand le navire n'a qu'une hélice, il y a souvent deux étambots ; l'un, l'*étambot avant*, reçoit les aboutissements des bordages, l'autre, l'*étambot arrière*, porte les ferrures du gouvernail. Ils sont réunis en bas par le prolongement de la quille, en haut par une pièce horizontale ou peu inclinée, appelée *sommier* ou *fourcat ;* cet ensemble forme la *cage* de l'hélice.

Dimensions principales. — Le poids du navire est égal à son *déplacement*, poids total de l'eau de mer qu'il déplace en flottant. Le volume immergé étant V, on a pour le déplacement D :

$$D = V \times 1,026;$$

Dans l'eau douce on aurait :

$$D = V'.$$

Le déplacement se compose du poids fixe de la coque et du poids variable de l'armement et des approvisionnements. Quant au volume V, il est déduit des plans du navire, au moyen du *tirant d'eau*, distance de la flottaison au-dessous de la fausse-quille ; on distingue le tirant d'eau *lège* et le tirant d'eau *en charge*.

Le tirant d'eau se mesure à l'avant et à l'arrière ; l'excès du second sur le premier s'appelle *différence de tirant d'eau*. La différence a pour but, en augmentant l'immersion arrière, d'accroître le diamètre et la puissance de l'hélice, et l'action du gouvernail. On peut la modifier, en faisant marcher des poids d'une extrémité vers l'autre du navire. Le tirant d'eau se mesure au moyen d'échelles fixées à l'avant, à l'arrière et au milieu de la longueur, formées de chiffres de $0^m,10$ de haut, dont les traits inférieurs sont placés à la hauteur qu'ils indiquent numériquement. Leurs indications sont données en nombres pairs de décimètres ; ainsi le chiffre **24**, le niveau de l'eau étant *ab*, indique un tirant d'eau de $2^m,40$; le niveau étant *cd*, un tirant d'eau de $2^m,50$; on estime à la vue les tirants d'eau intermédiaires. On mesure les tirants d'eau milieu des deux côtés, et on prend la moyenne, qui porte le nom de *tirant d'eau milieu*.

La demi-somme des tirants d'eau avant et arrière (*pl.* 2, *fig.* 11), s'appelle *tirant d'eau moyen ;* son excès sur le tirant d'eau milieu, $h - g$, mesure l'arc du navire : si le tirant d'eau milieu était le plus fort, le navire aurait du contre-arc. L'observation du tirant d'eau milieu n'est pas sûre, parce qu'elle peut être faussée par l'affaissement des murailles ; quand on a besoin d'avoir l'arc exactement, il vaut mieux avoir recours à un mesurage direct. La distance comprise entre la flottaison et le fond de carène au milieu porte le nom de *profondeur de carène*.

La somme (*pl.* 2, *fig.* 12) : creux sur fond de carène au milieu (*a*) ;
+ tableau de la quille (*b*) ;
+ hauteur de la fausse quille (*c*) ;
+ hauteur des seuillets de sabord au-dessus de la ligne droite (*d*),
est désignée par la lettre σ ;

La somme : hauteur de batterie au pont supérieur (*e*) ;
+ tirant d'eau moyen (*h*),
est désignée par la lettre Σ.

La différence $\Sigma - \sigma$ est le déplacement vertical du seuillet, pris comme repère, dû à la déformation longitudinale de la coque ; il permet donc de mesurer l'arc ($h - g$), quand on a tous les éléments de σ qui peuvent être déduits des plans du navire, et quand on a relevé la hauteur de batterie et le tirant d'eau moyen.

Dans les tracés de navires, toutes les hauteurs sont rapportées au *fond de carène au milieu*.

Perpendiculaires. — Les distances horizontales sont rapportées à trois lignes de repère appelées *perpendiculaires avant*, *milieu* et *arrière*. La perpendiculaire avant (*pl.* 2, *fig.* 13) est la trace sur le longitudinal d'un plan perpendiculaire à la fois au longitudinal et à la flottaison en différence, et passant par le point de rencontre de cette flottaison et du trait extérieur de l'étrave, ou, quand l'étrave est renversée ou à éperon, tangent au trait extérieur de l'étrave.

La perpendiculaire arrière est la trace sur le longitudinal d'un plan parallèle au premier, et passant au point où la flottaison en différence rencontre l'axe du gouvernail. La perpendiculaire milieu est à égale distance des perpendiculaires extrêmes. Sur les anciens plans, les perpendiculaires passaient à la rencontre de la flottaison avec les fonds de râblure. Plus récemment la perpendiculaire avant passait au point de rencontre de la flottaison droite et du trait extérieur de râblure, la perpendiculaire arrière par la face arrière de l'étambot arrière, et, si celui-ci était supprimé, par l'axe du gouvernail; les dispositions indiquées plus haut sont aujourd'hui réglementaires (1). Les perpendiculaires sont toujours figurées en rouge.

Échantillons. — On appelle *échantillons* d'une pièce, entrant dans la construction, ses dimensions transversales; on distingue l'échantillon sur le *tour*, mesuré normalement aux surfaces courbes qui limitent intérieurement et extérieurement la pièce, et l'échantillon sur le *droit*, mesuré dans le sens perpendiculaire, normalement à deux autres surfaces souvent planes, ou s'en rapprochant beaucoup. Ainsi, l'échantillon sur le tour d'un membre est compté suivant la normale commune aux surfaces intérieure et hors membres, l'échantillon sur le droit perpendiculairement au plan de gabariage. L'échantillon sur le droit du bordé se compte entre les cans, l'échantillon sur le tour entre les surfaces hors bordé et hors membres.

L'échantillon sur le droit de la quille, de l'étrave, de l'étambot, se mesure perpendiculairement au diamétral; l'échantillon sur le tour dans le plan diamétral, verticalement pour la quille, horizontalement pour l'étambot sans quête, normalement au contour pour l'étrave.

(1) Circulaire du 5 novembre 1885.

CHAPITRE II.

TRACÉ SUR PAPIER DES PLANS DE NAVIRES.

Mode de représentation. — L'étude d'un projet et le tracé d'un plan de formes sur papier se font aux échelles réglementaires suivantes :

10 millimètres par mètre pour les bâtiments de 100 mètres de longueur et au-dessus.				
15	—	—	—	de 50 à 100 mètres.
30	—	—	—	au-dessous de 50 mètres.
50	—	—	pour les embarcations.	

On figure généralement, aujourd'hui, la surface hors bordé, qui, pour les bâtiments en fer, diffère bien peu de la surface hors membres. Les plans des constructions en bois donnaient presque toujours le tracé hors membres.

La représentation de la surface est obtenue en traçant ses intersections :

1° Avec trois séries de plans parallèles appelés : *lignes d'eau*, ou quelquefois *sections horizontales; couples de tracé* ou *sections verticales transversales; sections longitudinales;*

2° Avec une série de plans appelés *lisses planes*, dont le tracé n'est pas indispensable, mais qui peuvent rendre des services pour l'étude de la surface;

3° Avec la surface prolongée des ponts et d'autres surfaces analogues; ces intersections prennent le nom de *lisses à double courbure* ou *au carré*, et, quand elles correspondent aux ponts, de *livets*.

Lignes d'eau. — La profondeur de carène, comptée sur la perpendiculaire milieu, du fond de carène (1) à la flottaison en charge, est divisée en 10 parties égales; par les points ainsi obtenus, on fait passer des plans perpendiculaires au diamétral et parallèles à la flottaison en différence prévue; les lignes d'eau se tracent en traits bleus pleins, et sont numérotées à partir du bas. Au-dessus de la ligne d'eau n° 10 ou flottaison, on place en outre, pour mieux déterminer la surface, au moins une et souvent plusieurs sections horizontales supplémentaires, en conservant la même équidistance; on les trace en traits bleus interrompus. Jusqu'à ces dernières années, beaucoup de plans ont été tracés avec des lignes d'eau parallèles à la flottaison droite.

Couples de tracé. — Ces couples sont des plans équidistants, perpendiculaires à la fois au diamétral et aux lignes d'eau, et passant par des points obtenus en divisant en 20 parties égales

(1) Trait inférieur de râblure pour les bâtiments en bois, dessous de la tôle de quille (bordé moyen), pour les bâtiments en fer et en acier. Le bordé moyen passe à mi-épaisseur des virures de recouvrement.

la longueur de la flottaison en charge entre perpendiculaires; les couples extrêmes coïncident avec les perpendiculaires. On donne le numéro 0 au couple milieu, et on numérote les autres de 1 à 10 en allant vers les extrémités. Les couples sont tracés en noir plein.

Près des extrémités et au delà de la perpendiculaire arrière, on trace des couples supplémentaires ou *faux-couples,* qui subdivisent en deux parties égales l'intervalle des couples de tracé; il est bon de les tracer en traits noirs interrompus, pour éviter la confusion.

Sections longitudinales. — Les sections longitudinales sont des plans parallèles au diamétral, équidistantes, au nombre de 5; la plus éloignée du plan diamétral est placée aux trois quarts de la demi-largeur du bâtiment; elles se tracent en rouge plein.

Lisses planes. — Les lisses planes sont des plans parallèles à l'intersection de la flottaison et du longitudinal; chacune d'elles est tracée arbitrairement, de manière à couper aussi normalement que possible les différents couples qu'elle rencontre. Pour arriver plus complètement à ce résultat, chaque lisse se compose de deux plans, l'un pour la partie avant, l'autre pour la partie arrière, qui viennent rencontrer au même point le couple milieu, de manière que leur intersection avec la surface forme une ligne continue.

Le nombre des lisses et leur distribution sont réglés d'après les formes et les dimensions du navire; il y en a le plus souvent 5 ou 6; on les trace en noir plein.

Lisses à double courbure. — Les lisses à double courbure, ou lisses au carré comprennent les livets, la lisse du plat-bord, celle du dessus du bastingage, les lignes des seuillets et sommiers de sabords, les cans de préceintes, de la cuirasse. Le plus souvent, elles se déduisent des livets, dont nous verrons plus loin le tracé, en portant sur chaque couple, à partir des livets, des hauteurs verticales constantes, quelquefois variables. Les livets se tracent en rouge, les autres lisses en noir.

Plans de projection. — Les plans de projection, au nombre de trois, sont perpendiculaires deux à deux; on y trace les projections des lignes qui définissent la coque, sauf les lisses, qui sont rabattues horizontalement.

Les trois plans sont : le *longitudinal*, qui donne la projection du navire sur son plan de symétrie; l'*horizontal*, parallèle aux plans des lignes d'eau; le *vertical*, perpendiculaire aux deux premiers, et parallèle par suite aux couples.

Il en résulte que les lignes d'eau se projettent en vraie grandeur sur l'horizontal, et sont représentées par des droites horizontales, à même hauteur au-dessus de la ligne d'eau 0 sur le vertical et le longitudinal. Les couples se projettent en vraie grandeur sur le vertical, et sont représentés par des droites parallèles, à même distance des perpendiculaires, sur le longitudinal et l'horizontal. Enfin les sections longitudinales se projettent en vraie grandeur sur le longitudinal, et sont représentées par des droites situées à même distance de l'axe sur le vertical et l'horizontal.

Les lisses au carré sont représentées par leurs projections sur les trois plans, les lisses planes par leurs rabattements sur le plan horizontal et par leurs traces sur le vertical.

On ne figure qu'une moitié de la coque : sur l'horizontal on place d'un côté de l'axe les lignes d'eau et les lisses au carré; de l'autre, les lisses planes; sur le vertical, on trace à droite de l'axe les couples de l'avant, à gauche, ceux de l'arrière. Pour plus de commodité, on dispose le longitudinal au-dessus de l'horizontal, les perpendiculaires se correspondant, et le vertical à gauche du longitudinal, les traces des lignes d'eau étant placées à la même hauteur. Les vérifications sont ainsi facilitées.

Il est clair que deux plans de projection suffiraient pour définir la surface; l'emploi de trois plans a l'avantage d'assurer une plus grande exactitude, les projections d'un même point de la surface devant se trouver à la même distance de l'axe sur l'horizontal et le vertical, du couple milieu sur l'horizontal et le longitudinal, de la ligne d'eau 0 sur le vertical et le longitudinal. En astreignant à cette condition les projections des intersections des lignes qui définissent la surface, on assure mieux leur continuité.

Marche à suivre dans le tracé d'après devis. — Le tracé se fait de la manière la plus commode, en procédant de la manière suivante. On trace d'abord parallèlement à un des grands côtés de la feuille, et en laissant en dessous l'espace nécessaire pour l'horizontal, la ligne d'eau 0; on y porte la longueur du navire entre perpendiculaires, et on élève les perpendiculaires aux extrémités. On porte au-dessous de la ligne d'eau 0 à l'arrière, au-dessus à l'avant, la demi-différence; on joint ces deux points par le trait de fond de carène, puis on trace parallèlement, à une distance égale au tableau, le dessous-quille. Plus bas, à une distance un peu supérieure à la demi-largeur, on trace une parallèle à la ligne d'eau 0, qui sera l'axe horizontal.

A gauche du longitudinal, à une distance supérieure à la somme de la demi-largeur et du porte-à-faux de l'arrière, on trace, parallèlement aux perpendiculaires, l'axe du vertical. Si celui-ci ne pouvait trouver place sur la feuille en dehors du longitudinal, on le placerait au milieu de ce dernier.

A une distance au-dessus du fond de carène égale à la demi-largeur et à la largeur de la râblure, on trace deux parallèles, qui seront les projections du fond et du trait supérieur de râblure; d'après les données du devis, on construira, par abscisses et ordonnées rapportées à la perpendiculaire avant et à la ligne d'eau 0, les traits extérieur et de râblure de l'étrave. On appelait autrefois *élancement de l'étrave* la distance horizontale de sa rencontre avec la quille à la perpendiculaire avant; aujourd'hui l'étrave se raccorde généralement avec la quille.

On trace de même l'étambot et sa râblure; il peut être perpendiculaire à la quille, ou avoir de la *quête;* la quête est la distance du pied de son trait extérieur à la perpendiculaire arrière. On trace également par abscisses et ordonnées le contour extérieur de l'allonge de poupe. Tous les fonds de râblure se tracent en rouge, les traits extérieurs et intérieurs en noir.

On marque sur le vertical la coupe transversale milieu de la quille avec ses râblures, et, de chaque côté de l'axe, à une distance égale au demi-échantillon sur le droit, la face latérale de l'étrave et celle de l'étambot. S'il y a une hélice diamétrale, on trace le contour curviligne de la face arrière de l'étambot avant, renforcé au passage de l'arbre.

On fait alors la division des couples sur le longitudinal et l'horizontal, en portant des longueurs égales à partir des perpendiculaires sur l'axe horizontal et sur la ligne d'eau 0; on opère successivement, à partir de chaque extrémité, pour balancer les erreurs, et, une fois qu'elles sont rectifiées, on joint les points correspondants des deux lignes par des droites, qui sont les traces des couples. On fait de même, sur les trois perpendiculaires et l'axe vertical, la division des lignes d'eau, sans oublier que cette division part du point de rencontre du couple milieu et du fond de carène; on joint les quatre séries de points ainsi obtenus par des lignes droites, qui sont les traces des lignes d'eau sur le vertical et le longitudinal. Enfin, on marque sur le vertical et sur l'horizontal les traces des sections longitudinales, qui sont parallèles aux axes.

Les traces des lisses planes sont marquées sur le vertical; les devis indiquent les points où elles viennent rencontrer la ligne d'eau 0 ou la tangente verticale au couple milieu, et l'axe.

Le contour de la quille, de l'étrave, de l'étambot, les traces des couples, des lignes d'eau, des lisses planes et des sections longitudinales, lignes de repère qui doivent subsister pendant tout

le travail, doivent être marqués d'un trait fin, mais avec un crayon un peu dur, afin qu'elles ne s'effacent pas.

Suivant que le devis donne le tracé par les lisses ou par les sections horizontales, on commencera la construction, soit par les lisses et les couples, soit par les lignes d'eau et les couples. Les lisses, rencontrant plus normalement ces derniers, donnent, surtout dans la partie inférieure, une précision plus grande; en tout cas, le tracé fait par l'un de ces éléments devra être vérifié au moyen de l'autre.

Si l'on emploie les demi-ouvertures suivant les lisses obliques, on devra porter (*pl.* 3, *fig.* 14) chacune d'elles simultanément, sur le vertical suivant la trace de la lisse en $p'm'$, et sur l'horizontal suivant la trace du couple en pm; on obtiendra ainsi un point m' d'un couple sur le vertical, et un point m du rabattement de la lisse sur l'horizontal. Sur le vertical, les longueurs seront portées à partir de l'axe; sur l'horizontal, elles seront portées à partir de l'axe pour la moitié arrière; pour les couples de l'avant, afin d'obtenir un rabattement de lisse continu pour les deux moitiés du navire, on portera les demi-ouvertures à partir d'un axe auxiliaire, tracé à une distance $pb = m'p' - nq$, appelée *différence d'axe;* sans cela au lieu du contour continu rmt, on obtiendrait le contour brisé $rmst'$. On peut aussi, ce qui est quelquefois plus commode, prolonger nq de la différence d'axe qv, et prendre à partir de v les demi-ouvertures, pour les reporter sur l'horizontal à partir de l'axe longitudinal.

On obtient ainsi une série de points appartenant au même couple sur le vertical, et on les marque d'un même numéro; on fait de même pour les points d'une même lisse sur l'horizontal. On complètera la détermination des couples au moyen des lisses au carré, dont nous donnerons plus loin la construction.

Dans le cas où l'on a tracé les couples au moyen des lisses, cas que nous venons d'examiner, on déduit du tracé du vertical celui des lignes d'eau et des sections horizontales; on mesure sur le vertical (*pl.* 2, *fig.* 15) suivant une même ligne d'eau H', les demi-ouvertures telles que $a'b'$ de tous les couples; on reporte ces demi-ouvertures en ab sur l'horizontal, chacune à la position du couple correspondant, et, en réunissant tous ces points par un trait continu, on a le contour de la ligne d'eau H_1.

Si, au contraire, on veut se servir des lignes d'eau pour la construction, on prendra dans le devis les demi-ouvertures des couples, et chacune de ces longueurs sera portée simultanément sur le vertical suivant la trace de la ligne d'eau, sur l'horizontal suivant celle du couple, et toujours à partir de l'axe. Les points d'un même couple, ceux d'une même ligne d'eau, marqués d'un même numéro, n'auront plus qu'à être réunis par un trait continu.

On effectuera alors le tracé des lisses planes, dont les positions seront données dans le devis, ou choisies arbitrairement; les demi-ouvertures, mesurées sur le vertical suivant les traces des lisses, seront reportées sur l'horizontal suivant celles des couples, en tenant compte comme précédemment de la différence d'axe.

On cherchera ensuite les sections longitudinales; leurs traces sur le vertical L' (*pl.* 3, *fig.* 16) rencontrent les couples à des hauteurs $k'l'$, que l'on reportera sur le longitudinal, sur les traces des couples, à la même distance du fond de carène en kl (1); leurs traces horizontales L coupent les lignes d'eau H en des points t, dont les projections verticales longitudinales t' se trouvent sur les traces correspondantes des lignes d'eau et à la même distance des perpendiculaires; ces derniers points sont mal définis dans les fonds, l'angle de rencontre étant très aigu. Enfin on obtiendra

(1) Sur la plupart des devis rédigés jusqu'ici, le point de départ des hauteurs est, non pas le fond de carène, mais le dessus-quille. Il sera bon d'y avoir égard dans le tracé.



encore d'autres points par la rencontre des sections longitudinales avec les lisses au carré, points que l'on construira de la même manière, et que l'on joindra aux autres par un trait continu pour obtenir la projection de la section longitudinale L'_1.

Tracé des lisses au carré. — Les lisses au carré sont généralement données dans les devis par hauteurs au-dessus du fond de carène et demi-largeurs à chaque couple. On en construit chaque point (*pl.* 3, *fig.* 17) en traçant sur le vertical une horizontale $r'v'$ à la hauteur donnée $q'r'$ au-dessus du fond de carène, et en portant sur cette horizontale la demi-largeur $r'v'$ du couple correspondant ; en même temps, on porte la même hauteur q_1v_1 sur la trace longitudinale du couple, et la demi-largeur rv sur sa trace horizontale. On obtient ainsi les trois projections v' v_1 v du point de la lisse $L'L_1L$, situé sur un couple.

Sur le vertical, les points des différentes lisses au carré, appartenant à un même couple, sont réunis par un trait continu avec les points déjà obtenus par les lisses et les lignes d'eau ; on joint aussi par un trait les points appartenant à une même lisse, dont le contour doit être régulier, et dont les aboutissements sur le couple milieu doivent avoir des tangentes également inclinées sur l'axe.

On réunit de même les points de la projection horizontale et ceux de la projection longitudinale de la lisse ; s'il s'agit d'un livet, il doit satisfaire à la condition que la ligne milieu du pont se relève vers les extrémités, ce qui n'arrive pas toujours si, les extrémités étant pleines, le bouge est considérable relativement au relèvement du livet, appelé *tonture*.

Pour le vérifier (*pl.* 3, *fig.* 18), on mesure pour chaque couple, sur le tracé du barrot, exécuté suivant des méthodes que nous examinerons plus loin, les flèches ou *bouges* $a't$, $b't$, $c't$, correspondant aux demi-largeurs des couples am, bn, cp, et on les porte au-dessus des points pqr du livet. Si on obtient une courbe concave vers le haut, telle que uvx, le tracé du livet est satisfaisant ; si on obtient au contraire une courbe convexe telle que $u'v'x'$, il faut augmenter la tonture ou réduire les largeurs am, bn, cp. Quelquefois on donne la ligne milieu, et on en déduit le livet par une construction inverse. La ligne milieu de chaque pont ou faux-pont doit être tracée sur le plan de formes.

Il faut en outre que, le bâtiment flottant avec la différence prévue, les eaux, sur le pont, n'aillent pas s'accumuler à l'arrière ; il est bon, pour cela, que la tangente au livet parallèle à la flottaison en différence ait son point de contact vers le milieu de la longueur du bâtiment.

Le tracé des lisses est souvent donné parallèle en projection verticale, et on part de la première lisse tracée pour obtenir, comme précédemment, les hauteurs qui, jointes aux demi-largeurs, déterminent les points correspondants des autres lisses. Le tracé des livets est d'une grande importance au point de vue de l'apparence extérieure, quelquefois même des qualités nautiques des navires, qu'il faut défendre aux extrémités contre les coups de mer ; une tonture trop faible a autant d'inconvénients qu'une tonture exagérée.

Tracé des barrots. — La courbure des barrots, et en général les arcs de courbes à grand rayon, se rapprochant d'arcs de cercle, s'obtiennent par une construction simple, appelée le *quart de nonante*. Avec le bouge AB pour rayon (*pl.* 4, *fig.* 19), on décrit un quart de circonférence BB' ; on le partage en quatre parties égales, ainsi que le rayon horizontal AB', et on joint les points de division ee', ff', gg'. On divise de même en quatre parties égales la demi-ligne droite AC, et on porte aux points correspondants des ordonnées $EE' = ee'$, $FF' = ff'$, $GG' = gg'$. Un trait continu, réunissant les points BE'F'G'C, donne l'arc cherché pour la moitié du barrot. On opère quelquefois d'une manière un peu différente ; après avoir divisé l'arc BB'', on prolonge BA de deux fois le bouge ; on joint son extrémité O aux points de division, et on prend comme ordonnées les longueurs

$e'''e''$, $f'''f''$, $g'''g''$, segments des droites rayonnantes compris entre la ligne droite AB″ et le cercle. Les courbes obtenues par ces deux constructions diffèrent peu; la seconde donne des ordonnées plus faibles et, par suite, s'abaisse un peu moins brusquement aux extrémités.

On peut aussi se servir d'un tracé par arcs de parabole. Pour l'obtenir, on divise en un même nombre de parties égales (*pl.* 4, *fig.* 20) le bouge OC et la demi-ligne droite BC. On joint B aux points de division du bouge; l'intersection de ces lignes avec les perpendiculaires à la ligne droite, élevées aux points de division correspondants, sont des points de la courbe.

Désignons par f le bouge et par l la demi-ligne droite. Prenons pour axes de coordonnées la droite Bx tangente au sommet et By perpendiculaire; menons la parallèle nn' à l'axe des x, nous aurons dans les triangles semblables BnP, nmn' :

(1) $$\frac{mn'}{nn'} = \frac{y}{x}.$$

On a en outre :

$$mn' = m\text{C} - y,$$

et les points m et P divisant le bouge et la demi-ligne droite dans le même rapport :

$$\frac{m\text{C}}{f} = \frac{x}{l},$$

d'où :

$$mn' = \frac{fx}{l} - y,$$

et comme

$$nn' = l - x;$$

en substituant les valeurs de mn' et de nn' dans (1), il vient :

$$\frac{\frac{fx}{l} - y}{l - x} = \frac{y}{x},$$

$$\frac{fx - ly}{l} = \frac{yl - xy}{x},$$

$$fx^2 - lxy = l^2y - lxy,$$

$$y = f\frac{x^2}{l^2}.$$

La courbe est donc une parabole.

Enfin, une autre construction (*pl.* 4, *fig.* 21) consiste à calculer les ordonnees d'un arc de cercle, dont on a la corde AB $= 2l$, et le bouge CR $= f$. En prenant pour axe des x et des y CA et CR, et appelant r le rayon, on a :

(2) $$\overline{\text{AR}}^2 = f \times 2r = l^2 + f^2,$$

d'où

$$r = \frac{l^2 + f^2}{2f}.$$

On a de plus, pour un point quelconque M du contour cherché :

$$(\text{MP} + \text{PT})^2 = \overline{\text{MO}}^2 - \overline{\text{TO}}^2,$$

$$(y + r - f)^2 = r^2 - x^2,$$

$$y = \sqrt{r^2 - x^2} - (r - f).$$

On tirera de cette dernière équation les valeurs successives de y, r étant déterminé par l'équation (2).

Le tracé des barrots en bois par arcs de cercle a l'avantage, la courbure étant constante, de permettre, si dans le travail on découvre un vice à une extrémité de la pièce, de reporter vers l'autre tout l'ensemble du barrot à en tirer, ou d'employer à un autre barrot la pièce raccourcie. Avec les tracés indiqués auparavant, si un vice se révèle après le débit, on n'a d'autre ressource que de tronçonner aux deux extrémités des quantités égales, et de faire servir pour un autre barrot la pièce débitée, en la retouchant sur toute la longueur.

Il est également plus commode de définir par le rayon du cercle et la longueur de la ligne droite les barrots en fer et en acier, que l'on obtient tout cintrés des usines de fabrication.

Aboutissements. — Quand le tracé est fait hors bordé, toutes les lignes courbes s'arrêtent aux traits extérieurs de râblure d'étrave, d'étambot et de quille. Quand le tracé est fait hors membres, les aboutissements des différentes lignes sur les râblures doivent être construits en tenant compte de ce que la nature de la matière employée à la construction, le bois, ne permet pas d'angles rentrants, qui, découpés dans le fil du bois, ôteraient aux pièces toute solidité.

Pour les couples, si les différents points obtenus (*pl.* 4, *fig.* 22) donnent un contour rp qui, prolongé jusqu'au trait supérieur de râblure, fait avec la verticale un angle α supérieur à celui que fait la face mp de la râblure, on fait aboutir la courbe au point p. Si, au contraire (*pl.* 4, *fig.* 23), le couple étant plus acculé, le contour $r'p'$ faisait un angle α inférieur à $m'p'l'$, on abandonnerait la direction $r'p'$, et on ferait aboutir le couple en m'. Si l'on n'opérait pas cette correction, la section des bordages aurait la forme $uvxyz$, qui serait sans solidité, et à laquelle on substitue $qrst$.

Pour les lignes d'eau, la règle suivie est la même; pour chacune d'elles (*pl.* 4, *fig.* 24), on commence par projeter horizontalement le triangle de rencontre du plan de la ligne d'eau avec la râblure d'étrave; les points $a'b'$ de rencontre de la ligne d'eau et des traits extérieur et intérieur se projettent en a et b sur la face latérale de l'étrave; le point c' se projette en c, à une distance de la face latérale égale à la profondeur de la râblure. Si la ligne d'eau a un contour tel que mp, on la fait aboutir au trait intérieur a; si elle a la forme nr, on la fait aboutir en c au fond de la râblure.

Pour les lisses (*pl.* 4, *fig.* 25), on détermine le rabattement du triangle de rencontre du plan de la lisse et de la râblure d'étrave ou d'étambot, par un rabattement semblable à celui des autres points. Le point de rencontre a de la lisse et du fond de râblure, les points de rencontre avec les deux autres traits projetés en b, se trouveront sur le longitudinal en $a'b'c'$, sur les traits correspondants de la râblure, et à la même hauteur à partir du dessus-quille. Les rabattements horizontaux se trouveront à la même distance des perpendiculaires que les projections longitudinales, et à des distances de l'axe ra_1, sb_1, tc_1, égales aux longueurs Ma et Mb, MN étant la différence d'axe; on obtient ainsi en $a_1b_1c_1$ le rabattement du triangle d'intersection. Si la lisse a le contour plein pm, on la fera aboutir en b_1, si elle a la forme fine rn, elle aboutira au fond de la râblure en a_1.

Les constructions des aboutissements sur l'étambot se feront de même; s'il est perpendiculaire aux lignes d'eau, toutes les intersections de la râblure par leurs plans donneront le même triangle; les lignes d'eau supérieures plus pleines aboutiront au trait intérieur, les autres au fond de râblure. Si l'étambot n'est pas perpendiculaire aux lignes d'eau, une construction particulière sera nécessaire pour chacune d'elles, leurs intersections avec la râblure étant variables.

Dans le tracé des bâtiments en fer, les râblures sont presque partout supprimées, ou plutôt

se réduisent à un trait d'aboutissement du bordé; les constructions qui précèdent deviennent sans application, sauf dans le cas de cuirasse ou de matelas logés dans une râblure.

Tracé hors bordé. — Si l'on a tracé le bâtiment hors membres, il faut passer de ce tracé à celui de la surface hors bordé; si celle-ci a été représentée la première, il faut pouvoir résoudre le problème inverse. On a souvent aussi à tracer la surface intérieure des membres, qui s'obtient par les mêmes procédés.

Pour cela, F étant la trace horizontale d'un couple (*pl.* 4, *fig.* 26), H_1H_2 les projections horizontales de deux lignes d'eau hors membres consécutives, pour avoir un point de la surface hors bordé situé dans le plan H_1 et appartenant au couple F, on mènera par *a* une normale PQ à H_1, trace d'un plan vertical qui rencontre H_2 en *b*. Rabattant l'intersection de ce plan vertical avec la surface hors membres autour de *ab*, on obtiendra le rabattement du point B, dont la projection est *b*, en portant *b*B, égal à l'intervalle des lignes d'eau, sur une perpendiculaire à *ab*. En joignant *a*B par une ligne droite, on aura le rabattement de l'intersection du plan vertical et de la surface hors membres; si celle-ci n'a qu'une faible courbure, une parallèle *fg* à *a*B, menée à une distance égale à l'épaisseur, ou échantillon sur le tour du bordé, donnera l'intersection par le même plan de la surface hors bordé. Si nous relevons dans l'espace le triangle *ab*B, le point *k* de la ligne *fg*, placé à sa rencontre avec la charnière, ne se déplacera pas; c'est donc un point de la surface hors bordé situé dans le plan H_1. En faisant la même construction à chaque couple, et en réunissant les points obtenus par un trait continu, on obtiendra une ligne d'eau hors bordé; les autres se trouveront de la même manière. Si la surface avait une forte courbure, on commettrait une erreur notable en considérant son intersection par un plan vertical comme rectiligne, et en traçant *a*B droit. Dans ce cas, on rabattrait en même temps l'intersection du plan vertical et d'une ligne d'eau H_0 située de l'autre côté de H_1. On ferait passer un trait courbe et continu par C*a*B, et on mènerait la ligne *fg* parallèle.

On peut employer la même construction pour les lisses à double courbure, dont la direction s'écarte peu de l'horizontale. Une construction analogue, faite sur le vertical en substituant les couples aux lignes d'eau, donnerait facilement le vertical hors membres. Le plus souvent on trace l'horizontal hors membres, et on en déduit le vertical, en y reportant les demi-ouvertures des couples, mesurées sur leurs traces horizontales jusqu'à leur rencontre avec les lignes d'eau hors bordé.

Tracé des arrières carrés. — Quoique la construction des navires de guerre ait abandonné les arrières carrés, employés encore souvent sur les voiliers du commerce, il est pourtant utile d'avoir une idée des problèmes de géométrie que leur exécution entraînait.

Barre d'hourdy. — La pièce principale de la charpente de l'arrière était la barre d'hourdy, comprise entre quatre surfaces cylindriques, deux à axe horizontal, deux autres à axe vertical. La longueur ou *ligne droite* de la barre d'hourdy, prise entre les extrémités de son arête supérieure interne, et deux *bouges*, l'un vertical, l'autre horizontal, permettaient (*pl.* 5, *fig.* 27), par la construction du quart de nonante, d'obtenir tous les points de cette arête et, par suite, ceux des trois autres, en portant horizontalement ou verticalement les échantillons sur le tour et sur le droit de la barre; le rapport des abscisses aux ordonnées étant constant et égal au rapport des deux bouges, ces projections sont rectilignes. Les arêtes arrière de la barre viennent rencontrer le trait intérieur *b* de râblure d'étambot (*pl.* 5, *fig.* 28); en dehors du plan diamétral, un chanfrein *bd* (*pl.* 5, *fig.* 29), abattu sur l'arête inférieure, permettait aux bordages de la carène de recouvrir la barre d'hourdy.

et de continuer les formes de la carène; le point *b* est un point de la râblure de la barre d'hourdy. La ligne droite étant tracée, on obtient facilement la projection horizontale de la barre, qui se compose de deux arcs parallèles, construits sur la ligne droite avec le bouge donné. Si l'étambot a de la quête (*pl.* 5, *fig.* 30), la section de la barre par un plan longitudinal, au lieu d'être un rectangle, devient un parallélogramme. Sur l'horizontal les quatre arêtes ont des projections séparées; la râblure ne se confond plus avec celle des arêtes arrière.

Les lisses qui viennent rencontrer la râblure de la barre d'hourdy y sont arrêtées; le rabattement de leur aboutissement se détermine comme celui de leurs autres points, en portant sur l'horizontal, et verticalement au-dessous de la projection longitudinale, une longueur égale à celle qui le sépare sur le vertical de l'axe de rotation.

Voûte et tableau. — La surface de l'arrière est engendrée par un profil à angle vif tracé dans le longitudinal, que l'on déplace parallèlement à lui-même, en faisant courir son pied sur la râblure de la barre d'hourdy; l'angle de ce profil engendre une arête parallèle à cette râblure. Pour définir la surface obtenue, il faut obtenir ses intersections par des plans horizontaux, que l'on pourrait déterminer en figurant sur le vertical une série de positions du profil générateur, et en reportant sur l'horizontal les points d'intersection avec le plan horizontal sécant. Cette méthode serait peu commode, car, la râblure de la barre d'hourdy ayant une assez faible courbure, les diverses positions du profil se confondraient les unes avec les autres. On obtient plus commodément ces intersections de la manière suivante : soient (*pl.* 5, *fig.* 31) H'Y', HY les projections horizontale et verticale de la râblure de la barre d'hourdy, HST le profil de l'arrière, M'N' le plan horizontal sécant. Quand le profil aura glissé sur la râblure d'une certaine fraction de la ligne droite correspondant au quart du bouge, par exemple, et se sera transporté en TU, son pied H_1 aura marché horizontalement du quart du bouge horizontal et verticalement du quart du bouge vertical. Le point du profil qui se trouvera dans le plan M'N' sera donc celui qui se trouvait primitivement au-dessus de *o* du quart du bouge vertical $H_1 h_1$; ce sera donc le point P, en prenant $os = H_1 h_1$. De plus, le profil a marché horizontalement du quart du bouge horizontal; il faudra donc, à partir de P, plus élevé que *o* du quart du bouge vertical, porter $PN = H h_1 =$ le quart du bouge horizontal, et projeter N sur TU, plan vertical dans lequel s'est transporté le profil, pour obtenir un point de la courbe cherchée. On peut aussi, ce qui revient au même, après avoir déterminé le point P, prendre la distance horizontale PV, qui le sépare du pied du profil sur la barre d'hourdy, et la porter en LT, L étant le pied du profil transporté en projection horizontale.

Cette méthode peut d'ailleurs s'appliquer à une surface cylindrique quelconque perpendiculaire au longitudinal. Ainsi, supposons que l'on veuille trouver l'intersection de la surface du tableau avec une lisse à double courbure, dont on donne la projection longitudinale OR. Imaginons un cylindre ayant pour directrice cette courbe, dont les génératrices soient perpendiculaires au longitudinal, et cherchons la projection horizontale d'un point quelconque Q' de son intersection avec le tableau. Le point Q' entraîné par le profil glissant sur HY, râblure de la barre d'hourdy, s'est transporté sur une ligne parallèle Q'I'; I' est donc sa position primitive, I'K' et K'Q' les portions du bouge horizontal et vertical correspondant à son déplacement; il suffira donc de mener à l'axe horizontal une parallèle DE correspondant à une fraction du bouge horizontal KH' = K'I', et de projeter sur DE le point Q', pour avoir le point Q. La courbe des points Q viendra couper la projection horizontale du livet en un point A, qui sera l'intersection cherchée.

Arête de cornière. — Les intersections de la voûte et du tableau par des plans horizontaux étant ainsi obtenues, on cherchera l'intersection de ces mêmes plans avec la surface latérale

du navire. Les intersections de ces deux séries de courbes donneront les points de la ligne à double courbure, suivant laquelle la surface latérale rencontre celle de la voûte et du tableau, ou *arête de cornière*. L'arête de cornière présente, à sa rencontre avec l'angle de voûte, un point de rebroussement, généralement peu sensible sur le plan horizontal.

Le point de rencontre de l'arête de cornière avec la râblure s'obtient par la méthode que nous indiquons plus haut, pour la recherche de l'intersection d'une lisse à double courbure et du tableau. On considère la râblure prolongée comme la directrice d'un cylindre à génératrices horizontales longitudinales, et on cherche son intersection avec la surface latérale de la coque au moyen des couples voisins, en portant (*pl.* 5, *fig.* 32) des longueurs pp_1, qq_1, rr_1, égales à $p'p'_1$, $q'q'_1$, $r'r'_1$. L'intersection de la ligne *pqr* avec la projection horizontale R de la râblure donne le point A, qui appartient à l'arête de cornière. On obtiendra de même son intersection avec l'angle de voûte, qui est son point de rebroussement.

Arrières ronds et elliptiques. — Les arrières ronds ou elliptiques continuent sans changement brusque les formes de l'accastillage; leur courbure horizontale est augmentée rapidement, en allant vers l'arrière, afin de fermer la muraille par un contour continu. On définit leurs formes par celle de l'allonge de poupe ou section diamétrale, et par des sections horizontales et longitudinales supplémentaires, choisies arbitrairement. Quand l'allonge de poupe forme un angle, il en résulte une arête, qui vient se perdre à quelque distance de l'arrière, par le raccordement des deux surfaces.

On peut engendrer géométriquement l'arrière (*pl.* 5, *fig.* 33-34), en le définissant par le contour horizontal d'un livet H_1 M_1 N_1, et par l'allonge de poupe GH, qui est rectiligne. Un couple voisin C est prolongé par une droite BB'AT jusqu'à sa rencontre avec l'axe vertical en T; une droite longitudinale passant par le point T, et le contour du livet sont les deux directrices d'un conoïde, dont le plan directeur est perpendiculaire au diamétral, et parallèle à l'allonge de poupe; on obtient les génératrices *mm'* MM', *nn'* NN', qui définissent la surface. On peut aussi exécuter une construction analogue en employant un cône, dont le sommet est situé sur la droite longitudinale passant en T, à sa rencontre avec l'allonge de poupe HG prolongée. Ces constructions ne sont applicables qu'à des bâtiments ayant de la rentrée et une assez forte quête; on trouvera généralement plus commode la construction suivante, qui a en outre l'avantage de ne pas exiger le tracé d'un faisceau de très longues lignes droites.

On se donne arbitrairement (*pl.* 6, *fig.* 35) deux livets ou deux sections horizontales L et R, qui se coupent en *c*; on divise le contour de chacune d'elles à partir du point *c* en un même nombre de parties égales, et on joint les points correspondants *r s t*, *u v i* par des lignes droites, qui sont les projections horizontales des génératrices de la surface. Si les deux livets ne se coupaient pas, on pourrait faire la même division à partir de deux points *m* et *n* appartenant à un couple, dont la partie *mn* est sensiblement rectiligne.

Lattes et plombs. — Le trait des différentes courbes s'obtient à l'aide de lattes élastiques, que l'on fixe aux différents points déterminés par le devis ou les constructions géométriques, au moyen de plombs, et qui, dans l'intervalle des points, prennent une courbure régulière; on distingue les lattes à lisses pour l'horizontal et les sections longitudinales, les lattes à couples pour le vertical, les lattes à livets. Avant de tracer une ligne, et après l'avoir tracée, on examine si sa courbure est continue, en plaçant l'œil à peu de distance au-dessus du plan; la ligne, vue en raccourci, exagère ses bosses. S'il en existe, on abandonne quelques-uns des points trouvés, jusqu'à ce qu'on

arrive à une forme satisfaisante; en lâchant les points du tracé, on doit, autant que possible, en laisser quelques-uns en dedans, et quelques-uns légèrement moins nombreux en dehors, afin que le volume de la carène ne soit pas inférieur à celui du projet. Il existe toujours des irrégularités de ce genre, soit parce qu'on s'est trompé dans la lecture des chiffres du devis, soit parce que des erreurs se sont glissées dans sa rédaction.

Balancement. — Les corrections, ainsi opérées sur une projection, en entraînent de corrélatives sur les autres; une modification faite à une ligne d'eau sur l'horizontal en nécessite pour les couples sur le vertical, pour les sections longitudinales sur le longitudinal. Le balancement consiste à rectifier l'une des projections, puis à retracer d'après elle les deux autres; on rectifie celles-ci à leur tour et on reporte sur la première les modifications qui doivent en résulter. Par une série de transports de mesures d'une projection sur l'autre, on arrive à les rendre toutes trois satisfaisantes, et à les faire concorder.

Quelques remarques d'ailleurs facilitent la recherche d'une surface continue, et permettent de la vérifier au moyen d'une seule projection. Ainsi toutes les tangentes parallèles, menées aux intersections de la surface par des plans parallèles, doivent avoir des points de contact situés sur une ligne continue de contour apparent; c'est la ligne de contact de la surface avec un cylindre, dont les tangentes sont les génératrices. Ainsi M_1 M_2 M_3 (*pl.* 6, *fig.* 36) étant soit des sections longitudinales, soit des couples, les tangentes T_1 T_2 T_3, parallèles à une direction arbitraire, devront donner une ligne P_1 P_2 P_3 continue. On devrait avoir un résultat analogue, si les tangentes étaient issues d'un même point, ce qui donnerait la ligne de contact d'un conoïde. Cette vérification pourra être utile quand on aura une courbure accentuée, telle que celle qui se rencontre souvent dans les avants à éperon. Les intersections a_1 b_1 c_1 (*pl.* 6; *fig.* 37) de couples équidistants C_1 C_2 C_3 C_4, avec des lignes d'eau H_1 H_2 H_3 H_4 équidistantes, sont des points de l'intersection de la surface avec un plan perpendiculaire au longitudinal, et dont la pente est le rapport de l'écartement des lignes d'eau à celui des couples. Les lignes a'_1 b'_1 c'_1 (*pl.* 6, *fig.* 38), a'_2 b'_2 c'_2 d'_2, a'_3 b'_3 c'_3 d'_3, obtenues en joignant sur le vertical les projections des mêmes points, sont les intersections de la surface par une série de plans parallèles, et doivent être des courbes continues, dont les variations de forme offrent une continuité analogue à la variation de forme des couples. On pourra, par ce procédé, faire un balancement approximatif du vertical, sans se servir des autres projections.

Légendes et courbes. — Le plan de formes est complété par le tracé des courbes résumant les calculs, et l'inscription de trois légendes relatives, l'une aux dimensions principales, la seconde aux résultats du calcul de déplacement, la troisième aux calculs de stabilité; enfin un tableau intitulé : Résultats des calculs, reproduit le tableau n° 7 des calculs de déplacement et de stabilité.

Détails divers. — On doit en outre figurer sur le plan de formes divers détails propres à donner une idée des dispositions extérieures :

La guibre;
Les bossoirs, les ancres au poste de mer;
Les sabords;
Les échelles de commandement;
Les amorces des mâts et cheminées;
La galerie du commandant;
Le contour du gouvernail;

Pour les bâtiments à une hélice, l'axe de l'hélice, l'hélice et sa cage;

Pour les bâtiments à deux hélices, les axes des arbres, leurs parties extérieures, leurs supports et les hélices;

Pour les bâtiments à roues, les tambours, les jardins et les roues.

Coupe au milieu. — La coupe au milieu et les détails divers de construction se tracent à l'échelle de 50 millimètres par mètre, pour les bâtiments dont la longueur est supérieure à 100 mètres, et à l'échelle de 100 millimètres pour les autres.

Elle contient l'indication des échantillons avec leurs réductions aux extrémités; les indications du rivetage ou du chevillage. On y trace la flottaison en charge, la ligne d'eau 0.

CHAPITRE III.

TRACÉ A LA SALLE DES GABARITS.

Salle des gabarits. — La découpe des pièces entrant dans la construction des navires exige leur tracé en vraie grandeur; il est donc nécessaire de faire, d'après le tracé sur papier à petite échelle, un dessin en vraie grandeur, fournissant toutes les données géométriques nécessaires pour déterminer la forme et les positions relatives de tous les éléments de la construction. Ce tracé ne peut se faire que sur des planchers de grande étendue, renfermés dans des salles spéciales, appelées *salles des gabarits*, au moyen de crayons blanc et rouge. Une fois le tracé fini, on fait un relevé de nombreuses dimensions, dont on compose un recueil appelé *devis de tracé*; puis le plancher nettoyé et lavé peut servir à un tracé nouveau.

Éclairage. — Les salles des gabarits sont généralement situées dans les combles des grands édifices des arsenaux; leur plancher doit être bien dressé, et composé de bordages épais, afin qu'on puisse les raboter pour les dresser, sans trop réduire leur épaisseur. Leurs joints doivent être contrariés, afin de ne pas gêner le tracé des longues lignes droites; le clouage doit être fait sur des languettes de jonction, et ne pas être apparent. L'éclairage doit être ménagé avec soin; il doit se faire dans une seule direction, pour éviter les jeux de lumière gênants, et on devra, au moyen de rideaux ou de volets, arrêter les rayons directs du soleil. Les châssis vitrés des combles sont, à cet égard, préférables aux fenêtres verticales; en tout cas il ne faut pas que la lumière arrive dans deux directions à la fois.

Disposition des projections. — Si le bâtiment à construire est de petite dimension, on peut disposer ses trois projections de la même manière que sur le plan à petite échelle; avec la longueur de beaucoup de navires actuels, il n'est pas possible de les disposer ainsi, et on est obligé de tracer le vertical au milieu du longitudinal. Souvent même la longueur de la salle est inférieure à celle du navire, et on est obligé de tracer le longitudinal et l'horizontal en deux parties, prolongées chacune d'une quantité convenable au delà du couple milieu, de manière à assurer le raccordement; ces deux tracés se superposent l'un à l'autre sans inconvénient. Quelquefois enfin l'existence d'un tracé, que l'on ne veut pas effacer, oblige à réduire la largeur de l'emplacement disponible, et, dans ce cas, on superposera l'horizontal au longitudinal, en prenant pour axe horizontal la ligne d'eau 0.

Outillage de la salle, tracé des lignes. — Les longueurs sont mesurées au moyen de règles triangulaires en bois, divisées d'après une règle étalon en cuivre de 6 à 10 mètres; on a des

règles de diverses longueurs. Le report des longueurs d'une projection sur l'autre se fait au moyen de règles triangulaires non divisées, sur lesquelles on marque au blanc les extrémités de la longueur à transporter.

Pour tracer les lignes droites, on n'emploie guère de règles; elles n'auraient pas une rigidité suffisante, sans un poids excessif. Pour les droites de petite longueur, jusqu'à 5 ou 6 mètres, on se sert du *cordeau* de charpentier, ligne en coton de 1 millimètre à $1^{m}/_{m}$,5 de diamètre, enroulée sur le *virolet*. Après avoir déployé la longueur nécessaire, on l'enduit de blanc d'Espagne, on maintient le cordeau aux deux points A et B (*pl.* 6, *fig.* 39), par lesquels doit passer la ligne, puis on le tend en le soulevant normalement au plancher, ou en général à la surface que l'on veut couper par un plan. En le laissant retomber, son élasticité le ramène au contact du plancher, sur lequel il laisse une trace blanche rectiligne, et, si la surface est courbe, il marque son intersection par le plan dans lequel il a été tendu. Pour les droites de 6 à 10 mètres, on tend un cordeau plus fort, de manière qu'un de ses bouts soit à l'une des extrémités B de la droite, et que l'autre extrémité se trouve verticalement au-dessus de l'autre A; il décrit une courbe de chaînette, dont le plan est vertical; puis au moyen d'une équerre à chapeau (*pl.* 6, *fig.* 40), dont on place la branche verticale au contact du cordeau, on projette horizontalement quelques-uns de ses points, que l'on réunit en battant le cordeau dans les intervalles.

Enfin pour les longueurs plus grandes, lignes d'eau, dessus-quille, etc., on se sert d'un cordeau plus fort, que l'on tend au moyen d'un petit palan, et dont on projette des points au fil à plomb ou à l'équerre. On se sert aussi de voyants (*pl.* 6, *fig.* 41), composés de deux parties planes à angle droit, dont l'arête verticale *ab* se projette sur l'arête du pied en *c*. On les dispose tous les 7 à 8 mètres, en les dégauchissant; on marque sur le plancher les points *c*, qui sont en ligne droite, et on les réunit en battant le cordeau dans les intervalles.

On doit après coup vérifier que les divers éléments ainsi tracés sont bien en prolongement; pour cela, un observateur, placé à une extrémité de la ligne, la vise en même temps qu'un fil à plomb tombant sur un de ses points, qui doit se dégauchir avec elle, et la recouvrir entièrement. On ne trace avec ces précautions minutieuses que les axes et les lignes principales; les autres s'en déduisent au moyen de longueurs égales, portées sur les traces des couples ou des lignes d'eau.

Les lignes courbes, déterminées par un certain nombre de leurs points, sont tracées au moyen de lattes flexibles, à section rectangulaire, aussi longues que possible, exécutées en bois de choix, sans nœuds ni défauts pouvant altérer leur élasticité, et leur donner une courbure irrégulière. Elles sont en bois de pin, et sont débitées dans des enlevures de mâture; on peut facilement leur donner des longueurs de 15 à 20 mètres. Le tracé d'une ligne courbe du plan horizontal exige l'emploi de plusieurs lattes, placées bout à bout, dont les grosseurs sont proportionnées à la courbure qu'elles doivent suivre. Les différentes pièces sont assemblées à écart long et travaillées de manière à ce que le passage d'une latte à l'autre ne se traduise pas par des irrégularités de courbure. Une salle de gabarits doit être pourvue de plusieurs jeux de lattes de différentes grosseurs, proportionnées aux courbures des bâtiments que l'on peut avoir à tracer.

Les courbures des couples étant beaucoup plus accentuées que celles des lignes d'eau et des lisses, on emploie pour les tracer des lattes beaucoup plus minces, d'égale épaisseur dans toute leur longueur, assez longues pour permettre de tracer le couple d'une seule fois; leur faible épaisseur ne permet pas de les assembler à écart long, comme on le fait pour les lisses.

Les lattes sont fixées par pression latérale au moyen de grands clous coniques effilés (*pl.* 6, *fig.* 42), arrondis à la lime afin que leur pointe ne détériore pas le plancher; leur tête en goutte de suif permet de les arracher facilement, avec la panne fendue d'un marteau.

Tracé des perpendiculaires. — Le tracé des perpendiculaires se fait au moyen du compas à pinnule (*pl.* 6, *fig.* 43), formé d'une longue règle en pin AB, sur laquelle courent deux boîtes à pinnules CC, maintenues par des vis de pression ; la flexion de la règle, sous son poids, entraîne des erreurs, qui nécessitent une vérification, que l'on opère de la manière suivante : on porte à la règle divisée une longueur de 3 mètres sur l'une des droites perpendiculaires, 4 mètres sur l'autre, à partir de l'intersection, et on vérifie que les deux points ainsi déterminés sont bien à 5 mètres de distance ($5^2 = 4^2 + 3^2$). On peut par ce procédé mener une perpendiculaire à l'extrémité d'une droite qu'on ne peut prolonger.

Dans ce dernier cas, il est encore commode de décrire d'un point O arbitraire (*pl.* 6, *fig.* 44), un cercle passant au point A, où l'on veut élever une perpendiculaire, de joindre le point d'intersection B au centre ; la droite AM, passant par la seconde extrémité du diamètre BM, est la perpendiculaire cherchée..

Ordre du travail. — D'après la disposition que les dimensions extrêmes du navire et l'espace disponible sur le plancher permettent de donner au tracé, on fixe la position de la ligne d'eau 0 et des perpendiculaires. Il est bon, au point de vue de la précision de la perpendicularité des lignes, de tracer d'abord une ligne droite parallèle à la ligne d'eau 0 sur l'un des côtés de la salle, d'élever une perpendiculaire à son extrémité, une perpendiculaire à l'extrémité de cette seconde droite, enfin une perpendiculaire à cette dernière, qui doit l'être également à la ligne d'où l'on est parti. Si cette vérification ne se produit pas, on recommence l'opération en sens inverse, jusqu'à ce qu'on obtienne un cadre exactement rectangulaire, à partir des côtés duquel on mènera, en portant des longueurs égales, toutes les lignes verticales et horizontales.

On trace alors la ligne d'eau 0, les axes horizontal et vertical, les traces des couples et des lignes d'eau, des lisses planes sur le vertical, des sections longitudinales, sur l'horizontal et le vertical ; on construit ensuite par points le couple milieu, le contour vertical de l'étrave, de l'étambot, et les traits de râblure.

On porte ensuite, simultanément sur le vertical et sur l'horizontal, les demi-ouvertures des couples suivant les lisses planes, les lisses à double courbure et les lignes d'eau, relevées sur le plan à petite échelle ; on réunit ces points à la latte et on obtient ainsi le vertical et l'horizontal. On trace alors sur le longitudinal les sections longitudinales au moyen des points obtenus, sur le vertical par leur rencontre avec les couples, sur l'horizontal par leur intersection avec les lignes d'eau. Avant de tracer chaque ligne courbe, on doit s'assurer de sa continuité, en examinant la courbure de la latte, dont on juge mieux la régularité en abaissant l'œil à peu de hauteur au-dessus du sol. On abandonne certains points, ce qui est presque toujours nécessaire, le relevé des demi-ouvertures sur un plan à petite échelle prêtant toujours à quelques inexactitudes. On tient compte de ces corrections sur les autres projections, qui doivent être concordantes.

On fait alors le balancement, c'est-à-dire qu'on modifie légèrement chacune des projections, pour les mettre d'accord, tout en respectant la continuité des lignes de chacune d'elles. On règle d'abord le vertical, et on reporte ses différents points sur l'horizontal ; on vérifie à son tour celui-ci, on reporte les corrections faites sur le vertical, et ainsi de suite jusqu'à ce que les deux plans soient parfaitement d'accord. On balance à leur tour les sections longitudinales, qui servent surtout à apprécier la forme des extrémités du navire.

Dans toutes ces corrections de détail, l'expérience et le coup d'œil sont d'un grand secours, pour éviter des pertes de temps et de travail inutiles. Quand la latte ne passe pas sans effort par les points tracés, on la dirige de manière à ce qu'elle passe à l'intérieur de quelques points, et à l'exté-

rieur de quelques autres, de façon à conserver en moyenne le tracé du plan. On a soin de ne pas amaigrir les formes, pour ne pas se trouver finalement au-dessous du déplacement nécessaire.

Balancement par la méthode de réduction. — Pour la partie centrale du navire, les corrections sont difficiles, à cause de la faible courbure des sections horizontales et des livets, dont les irrégularités, toujours très aplaties, sont difficiles à reconnaître. On peut faciliter leur recherche, en augmentant leur courbure; il suffit pour cela de faire un tracé auxiliaire qui rapproche les couples les uns des autres, en réduisant le navire dans le sens de la longueur, sans modifier les dimensions transversales. On peut procéder de la manière suivante : on construit le vertical à la manière ordinaire (*pl.* 6, *fig.* 45), on y marque les traces des lignes d'eau et des lisses, puis on prend sur chacune d'elles un point arbitraire A,B, à peu de distance du couple milieu. Sur une droite XX, on porte des divisions égales au sixième ou au septième de l'espacement des couples, et on élève une perpendiculaire en chacun des points de division.

Sur ces perpendiculaires, on porte des longueurs M_1a_1, M_2a_2..... égales aux distances Aa_1, Aa_2.., qui séparent le point A des points de rencontre de la trace de la ligne d'eau avec les différents couples, et on obtient la courbe $a_1a_2a_3$. On porte de même des longueurs M_1b_1, M_2b_2... égales aux distances Bb_1, Bb_2... prises sur la lisse, et on obtient la courbe $b_1b_2b_3$. On régularise alors ces courbes, et on s'en sert pour corriger le vertical ; en repassant alternativement d'une figure à l'autre, on arrive à les mettre d'accord et à obtenir un balancement complet. La même méthode peut être employée pour les sections longitudinales.

On peut ainsi obtenir rapidement, et indépendamment du tracé des extrémités, les couples de la partie centrale, de manière à pouvoir, dès le début du tracé, commander sans retard les matériaux nécessaires, et procéder immédiatement à la distribution des pièces de membrure et à leur recherche dans les dépôts. On pourrait même par ce procédé, si l'on avait à construire un bâtiment d'après le relevé d'un tracé déjà fait à la salle, se borner à construire le vertical, et le balancer avec un travail beaucoup moindre, que si l'on avait à faire un tracé complet.

Vérification des calculs. — Le tracé étant achevé, et les formes déterminées au moyen des couples de tracé, donnés par le plan primitif, on refait immédiatement les calculs de déplacement et de stabilité, et on s'assure que leurs résultats concordent avec ceux annoncés par l'auteur du plan. S'il y a lieu, on corrige, pour ramener le déplacement, sa distribution entre la partie avant et la partie arrière, et le bras de levier métacentrique à ce qu'ils doivent être. Une circulaire ministérielle du 18 octobre 1883 prescrit que, toutes les fois que le tracé est celui d'un navire d'un type nouveau, ou d'un type connu considérablement modifié, les calculs, comprenant la courbe de stabilité, soient exécutés aussi complètement que s'il s'agissait de l'étude d'un projet, et que les résultats en soient immédiatement transmis au Ministre de la Marine.

Couples de construction. — On marque alors, à l'écartement donné, les traces des couples de construction ; on coupe par ces traces les lisses, les lignes d'eau et les sections longitudinales, et en reportant aux hauteurs et aux demi-largeurs convenables ces points, sur un second vertical, on obtient le tracé, sur lequel on relèvera les gabarits des couples de levée.

Couples dévoyés. — Les couples dévoyés doivent être, comme les couples droits, travaillés au moyen de gabarits, donnant leur contour en vraie grandeur dans le plan de gabariage. Il est donc nécessaire de rabattre le contour de chacun d'eux sur le vertical, en le faisant tourner autour de l'intersection de son plan avec le longitudinal. Les points du couple, appartenant à une ligne



d'eau ou à un livet, s'obtiennent sans difficulté ; il suffit de porter sur le vertical (*pl.* 7, *fig.* 47), sur des horizontales de hauteur convenable m_1A, n_1B, des demi-largeurs $m_1 m'_1$, $n_1 n'_1$, égales aux distances qui séparent les projections horizontales m et n du pied de l'axe de rotation D. On obtient ainsi un certain nombre de points du couple ; mais pour assurer l'exactitude de la construction, surtout dans les fonds, il faut déterminer en outre les rabattements des intersections du couple et des lisses planes.

Pour cela (*pl.* 7, *fig.* 48), on construit d'abord les rabattements horizontal et vertical de l'intersection du plan de la lisse LL′ avec le couple, dont la trace horizontale est CE; cette intersection a pour projection horizontale la trace du couple CE, et pour projection verticale celle de la lisse DL′. Un point arbitraire A, a aura ses projections à des distances égales des deux axes AT $= at'$. En faisant tourner la lisse autour de l'axe D′, de manière à la rendre horizontale, le point A_1 de l'espace se rabattra sur TA, à une distance $A_1T = a$D, et le rabattement horizontal de l'intersection sera CA_1. Si on rabat de même le couple sur le vertical, le point a' se placera sur $t'a'$ à une distance $a't' =$ AC, et le rabattement vertical de l'intersection sera a'D.

Le point α est le rabattement horizontal du point d'intersection de la lisse et du couple ; αC est en vraie grandeur la distance qui le sépare du point d'intersection du plan de la lisse avec celui du couple et le longitudinal. Il suffira donc de porter sur Da' une longueur D$\alpha' = \alpha$C, pour avoir le rabattement vertical de l'intersection de la lisse et du couple. Les points α', réunis à ceux donnés par les lignes d'eau et les lisses au carré, déterminent le rabattement complet du gabariage du couple dévoyé.

Cette construction devant être faite pour les points de rencontre de tous les couples dévoyés et de toutes les lisses, on cherche autant que possible à la simplifier, en traçant le moins grand nombre possible de lignes, et en employant des lignes déjà tracées pour d'autres usages. Si l'on se reporte aux figures 49, 50 de la planche 7, où l'on a fait la construction pour deux couples et deux lisses, on voit que les points arbitraires sont choisis en A et B sur l'horizontal, en a_1, a_2 sur le vertical, à une distance constante des axes, et sur les traces d'une section longitudinale. Il en résulte que, pour une même lisse, les rabattements A_1, B_1 se trouvent sur une parallèle à l'axe; que pour un même couple les rabattements verticaux des points a_1 a_2, pris sur son intersection avec chaque lisse, se trouvent sur une verticale $a'_1 a'_2$. Par suite, ayant déterminé les points a'_2 et A_1 des rabattements horizontal et vertical de l'intersection de la 2ᵉ lisse et du couple C_2, on trouvera le rabattement $C_1 B_1$ en menant une verticale BB_1 et une horizontale $A_1 B_1$, et en joignant $C_1 B_1$; on obtiendra le rabattement a'_1D, en traçant une verticale $a'_2 a'_1$ et une horizontale $a_1 a'_1$ et joignant a'_1D, et ainsi de suite.

On peut résumer cette construction de la manière suivante : Tracer sur le vertical des parallèles à l'axe $a'_1 a'_2$, $a''_1 a''_2$ à des distances C_1B, C_2A,... en aussi grand nombre qu'il y a de couples dévoyés; projeter sur ces verticales les points a_1, a_2, en nombre égal à celui des lisses, joindre a'_1D, a''_1D, a'_2E, a''_2E; tracer sur l'horizontal des parallèles à l'axe $B_1 A_1$, $B_2 A_2$ en nombre égal à celui des lisses à des distances $D_2 A_2 = Da_1$, $D_2 A_1 = Ea_2$; joindre $C_1 B_1$, $C_1 B_2$, $C_2 A_1$, $C_2 A_2$; on obtient ainsi le rabattement horizontal et vertical de toutes les intersections des couples et des lisses, pris deux à deux ; prendre la distance comprise entre le pied d'un rabattement horizontal et celui de la lisse $C_2 p$, et le reporter sur le rabattement vertical correspondant en Dp', reporter de même $C_2 m$ en Em', $C_1 q$ en Dq', C_1 n en E′n ; joindre par un trait continu les points $n'q'$, $m'p'$ appartenant à un même couple.

Couples dévoyés de l'avant. — Le rabattement de la partie avant des lisses se faisant

autour d'un axe, qui n'est pas dans le plan longitudinal, la construction doit être un peu modifiée. Le rabattement de la lisse (*pl.* 7, *fig.* 51) autour de l'axe E, distant de son intersection avec le longitudinal de $ED = CC_1$, différence d'axe, revient à transporter latéralement toute cette partie du navire de CC_1 ; on pourrait donc appliquer les constructions précédemment données, en transportant la lisse L parallèlement à elle-même en L_1, par une diminution de ses ordonnées constante et égale à CC_1 ; on arrivera évidemment au même résultat, en faisant marcher le couple en sens inverse, c'est-à-dire en prenant C_1E_1 parallèle à CE, et en faisant les constructions à partir de l'axe C_1M_1, comme on les a faites à partir de l'axe CM. On prendra donc a et A tels que $at' = AT_1$, on portera $T_1A_1 = Da$, et on obtiendra C_1A_1, rabattement horizontal de l'intersection ; on portera $t'a' = C_1A_1$ et on obtiendra Da', rabattement vertical. On simplifiera cette construction en remarquant que $TK = T_1A$ et $CK = C_1A$. Il suffira donc de prendre K et a tels que $TK = t'a$, de porter $t'a' = CK$ pour avoir Da' rabattement vertical. On portera ensuite $TA_1 = Da + CC_1$, et on obtiendra C_1A_1, sans avoir à tracer la ligne auxiliaire C_1E_1, qui serait une source de confusion. Il ne reste plus qu'à prendre sur l'horizontal $C_1\alpha$, et à le reporter verticalement en $D\alpha'$ pour avoir un point du rabattement du couple dévoyé.

Couples plusieurs fois dévoyés. — Quand un premier dévoiement ne suffit pas pour réduire les équerrages, on emploie des couples plusieurs fois dévoyés, dont la trace horizontale est une ligne brisée. Le rabattement vertical de ces couples est une ligne curviligne brisée, dont on obtient les points par les méthodes que nous venons d'indiquer, mais en considérant chacun des plans de dévoiement comme rabattu isolément, en tournant autour de son intersection avec le plan précédent, et déjà ramené dans un plan transversal.

Soit CMN (*pl.* 7, *fig.* 52) la trace horizontale du couple, dont on veut trouver les intersections rabattues avec les lignes d'eau 1 H, 2 H et un livet. Sur les horizontales 1 H', 2 H' on portera à partir de l'axe vertical des longueurs $\alpha p' = Cp$, $\beta q' = CM + Mq$. On cherchera la projection longitudinale du point v en élevant une verticale jusqu'à la rencontre v_1 de la projection longitudinale du livet, puis on portera, sur l'horizontale γv_1, une longueur $\gamma v' = CM + MN + Nv$. Les trois points $p'q'v'$ appartiendront au contour cherché.

Pour obtenir les points situés sur les lisses planes, on cherchera les rabattements vertical et horizontal de l'intersection du plan de la lisse et de celui des plans de gabariage du couple que son contour vient percer.

Pour la lisse 1 L, 1 L' (*pl.* 8, *fig.* 53-54), qui rencontre le couple à son premier dévoiement, la construction se fait comme précédemment, en faisant tourner le plan CM autour de l'axe C. Si on prend comme point arbitraire M, qui se projette verticalement en m_1, et se rabat en M_1 et en m_1', on obtient pour les rabattements de l'intersection D_1m_1', CM_1, et en portant $D_1\alpha' = C\alpha$ on obtient un point du rabattement vertical du couple. On pourrait construire de la même manière l'intersection de la lisse 2 L, 2 L' avec le second plan de dévoiement. Mais en rabattant les divers plans de gabariage indépendamment les uns des autres, on ferait tourner MN autour de C_1, pied de sa trace sur le longitudinal, et les deux contours obtenus de cette façon ne viendraient pas aboutir au même point sur le vertical.

Il est préférable de chercher les rabattements horizontal et vertical de la ligne brisée d'intersection du plan de la lisse 2 L', avec les deux plans CM et MN. On choisit pour cela comme points arbitraires M et N ; on prend m tel que $mt' = MT$; on prolonge mt' jusqu'en m' tel que $m't' = CM$; on porte également $M_2T = Dm$. Les points M_2 et m' sont les rabattements vertical et horizontal du point d'intersection des deux plans verticaux CM et MN appartenant à la lisse.

On opère de même pour N; on prend $t'_1 n = T_1 N$; on porte $t'_1 n' = CM + MN$, le rabattement se faisant successivement autour de C et de M; on porte $T_1 N_2 = Dn$, et on obtient les rabattements N_2 et n'. Le contour brisé CM_2N_2 est le rabattement horizontal cherché. On remarquera que M_2N_2 prolongé doit passer par le point C_1, intersection de MN prolongée avec l'axe. Le rabattement vertical du point β s'obtiendra en portant $m'\beta' = M_2\beta$; β' sera un point du contour du couple.

La même construction se fera pour chaque dévoiement et chacune des lisses qu'il rencontre.

Couples cylindriques. — Pour éviter les changements brusques de direction des couples plusieurs fois dévoyés, on emploie quelquefois des couples, dont la trace horizontale est en partie courbe, et dont le gabariage est par suite partiellement cylindrique.

Pour travailler les pièces de ces couples, on se sert de gabarits auxiliaires, pris dans des plans sécants, voisins de la surface cylindrique du couple, et dont la construction est identique à celle des gabarits des couples dévoyés. Pour vérifier leur contour, on se sert également du développement de leur gabariage, qu'il est facile d'obtenir. CM (*pl.* 8, *fig.* 55) étant le gabariage, et 1 H, 2H, 3H des lignes d'eau rencontrant sa partie courbe, il suffira de porter aux hauteurs correspondantes des longueurs αp, $\beta q'$, $\gamma v'$ égales aux contours Cp, Cq, Cv développés.

Tracé hors membres et intérieur membres. — Le tracé hors bordé étant ainsi obtenu, on en déduit le tracé hors membres, d'après la méthode indiquée plus haut pour le tracé à petite échelle. On obtient de la même manière le tracé intérieur membres, s'il est jugé nécessaire.

Pour l'un comme pour l'autre tracé, les échantillons sur le tour du bordé et de la membrure sont donnés par l'auteur du plan; ils sont fixés en différents points du maître-couple, et on indique le plus souvent la réduction qu'ils doivent naturellement subir aux extrémités, que l'on peut alléger sans inconvénient, le contour des couples étant moins développé.

Pour régler convenablement les échantillons aux différents points de la carène, il faut procéder par interpolation graphique. On commence par faire le développement du maître-couple sur une ligne droite. Aux différents points fixés par l'auteur du plan, tels que l'encolure (*pl.* 8, *fig.* 56), le tournant de la varangue, le fort, le plat-bord, on porte sur le développement les échantillons donnés a_1a', b_1b', c_1c'; en les réunissant par un trait continu, on obtient une courbe, qui donne tous les échantillons intermédiaires, que l'on relève de mètre en mètre.

Sur le vertical (*pl.* 8, *fig.* 57), on marque les points situés à des longueurs de 1, 2, 3 mètres, prises à partir du plat-bord sur le contour de chaque couple; en réunissant les points situés à la même distance du plat-bord on obtient les *courbes des mètres*. S'il n'y a pas de réduction aux extrémités, on donne à tous les points d'une courbe des mètres l'échantillon qu'a le point situé sur le couple milieu. S'il y a une réduction indiquée, on procède à une interpolation graphique du même genre, le long du contour de chaque courbe.

On agit de la même manière pour déduire de la surface hors cuirasse la surface hors bordé sous cuirasse, quand on a affaire à un bâtiment cuirassé, et quand le plan de l'auteur du projet est hors membres, pour en déduire les formes de la carène hors bordé.

Afin d'éviter toute confusion, il est bon de tracer séparément le vertical hors membres, et le vertical hors bordé, ou tout au moins avec des crayons de couleurs différentes.

Encolure des varangues. — Quelques tracés relatifs à la surface intérieure doivent être faits, même si on ne la dessine pas entièrement; on doit tracer la courbe d'*encolure des varangues*, directrice de la surface cylindrique, sur laquelle vient s'appliquer la carlingue. L'échantillon de chaque couple à sa rencontre avec la face latérale de la carlingue est fixé par le devis en différents

points de la longueur; les contours curvilignes intérieurs des couples (*pl.* 8, *fig.* 58) sont donc arrêtés à leurs points de rencontre b, b_1, b_2 avec ce plan, et continués par des horizontales, génératrices de la surface d'application de la carlingue.

Les hauteurs ab, ab_1, ab_2,..... nommées *hauteurs des billots* ou *encolures des varangues*, se déterminent en traçant sur le vertical le contour intérieur des couples dans le voisinage de leur aboutissement, et en marquant leurs points de rencontre avec la face latérale de la carlingue ac. Dans la partie centrale du navire, et en général dans les endroits où les équerrages sont à peu près nuls, il suffit de porter l'échantillon sur le tour dans le plan du couple, et normalement à son contour extérieur; mais vers les extrémités où les équerrages sont très prononcés, ce procédé n'aurait plus assez d'exactitude, et il est nécessaire de construire l'intersection de la surface d'encolure des varangues avec la surface intérieure des membres.

Soient Q (*pl.* 8, *fig.* 59) le couple tracé sur le vertical, dont on veut obtenir le contour intérieur, et P un couple voisin; marquons en BAE la trace d'un plan passant par le point A, et normal au plan du couple Q et à son contour, sur laquelle se projette l'intersection de la carène hors membres par ce plan auxiliaire. Si l'on rabat ce plan autour de sa trace AE, le point B vient sur la perpendiculaire BC à AB, à une distance BC égale à la distance de gabariage en gabariage, et l'on peut considérer la droite AC comme représentant le rabattement de l'intersection de la surface hors membres dans le voisinage du point A. L'intersection de la surface intérieure de la membrure par le même plan sera DE, menée parallèlement à AC, à une distance Ad égale à l'échantillon de la membrure sur le tour au point considéré. L'intersection E de cette droite, avec la trace du plan auxiliaire, qui dans le mouvement inverse du rabattement reste fixe, est donc un point de la surface intérieure du couple. Cette construction, répétée pour quelques points, donne le trait intérieur Q'E, qui par sa rencontre avec la face latérale de la carlingue détermine la hauteur des billots.

Les hauteurs des billots, obtenues pour chaque couple, sont portées sur le plan longitudinal, et on y trace la courbe de l'encolure des varangues; celle-ci sert à construire les gabarits des parties courbes de la carlingue, et l'on y relève les équerrages des couples à la surface supérieure des billots.

Pour les couples droits, l'intersection du plan de gabariage avec la surface inférieure de la carlingue est toujours une perpendiculaire à l'axe, mais il n'en est pas de même pour les couples dévoyés. Si MN (*pl.* 8, *fig.* 60) représente la courbe de l'encolure des varangues, AB la trace horizontale d'un couple dévoyé, CD la face latérale de la quille; en projetant les points A et B sur la courbe MN, on trouve A'B', projection verticale de l'intersection du plan de gabariage du couple avec la surface de la carlingue, et en rabattant autour de l'axe AA', on obtient la droite A'G', inclinée sur l'horizon. On relèvera l'équerrage G'A'A, nécessaire pour la taille du billot, dont la hauteur sera mesurée dans le plan diamétral.

Tracé de la courbe de dégraissement. — L'étrave est souvent renforcée par une contre-étrave intérieure AB (*pl.* 8, *fig.* 61), qui prolonge la contre-quille C; l'échantillon de la contre-étrave sur le droit est le même que celui de l'étrave.

La râblure de l'étrave est taillée au début suivant la section triangulaire primitive; sa surface intérieure doit être ensuite modifiée de manière à continuer les formes de la carène, comme on le fait pour les râblures de la quille et de l'étambot; par suite la surface de la râblure vient se terminer tantôt sur les faces latérales de l'étrave, tantôt sur celles de la contre-étrave, suivant l'acuité des lignes d'eau. On trace le trait intérieur ou *courbe de dégraissement*, soit en projetant sur les traces verticales des lignes d'eau en b', b'_1, b'_2,..... etc., les points d'intersection b, b_1, b_2,..... sur le plan

horizontal, des lignes d'eau avec les faces latérales de l'étrave, soit en construisant les projections verticales l' des points de rencontre, tels que l_1, des lisses planes avec les faces latérales de l'étrave; la courbe de dégraissement se raccorde, à sa partie supérieure, avec le trait intérieur de la râblure de l'étrave, et à la partie inférieure, avec le trait supérieur de la râblure de la quille.

Si le navire est fin, la face intérieure de la râblure donne une surface d'appui *ab* suffisante (*pl.* 9, *fig.* 62) aux extrémités des bordages, qui doivent y être chevillés; mais dans la partie haute il n'en est pas toujours de même si le navire est plein. Pour compléter la surface nécessaire, on applique de chaque côté de l'étrave, sur ses faces planes, deux pièces de bois A, nommées *apôtres*, limitées par les surfaces intérieur et extérieur-membres, et latéralement par des plans parallèles au diamétral. Les apôtres peuvent être considérés comme les derniers couples, dévoyés jusqu'à ce que leur plan devienne parallèle à l'axe du navire.

Le tracé une fois achevé et vérifié, on passe à la sanguine ou à la mine de plomb toutes les parties qui doivent subsister, et fournir des renseignements dans le cours de la construction. De distance en distance, sur les traces des couples, sur celles des lisses, on colle des bandes de papier, sur lesquelles on fait passer leur contour, et on y marque les lettres de repère convenues pour désigner les différentes lignes de la surface.

Devis de tracé. — Le tracé étant définitivement arrêté, on relève exactement toutes les dimensions nécessaires pour pouvoir le reproduire. Ces dimensions sont inscrites dans un document, qui les réunit méthodiquement sous forme de tableaux, dont voici le sommaire :

1° Dimensions principales;
2° Distribution des couples;
3° Tracé de l'étrave;
4° Tracé de l'étambot et de l'allonge de poupe;
5° Tracé de la coupe au milieu;
(Données par abscisses et ordonnées : 3° à 5°.)
6° Position sur le vertical des traces des lisses planes;
7° Demi-ouvertures des couples suivant les lisses planes;
8° Demi-ouvertures des couples suivant les lignes d'eau;
9° Hauteurs et demi-largeurs des lisses au carré.

Il sera utile d'y joindre le relevé aux différents points, où ils auront été mesurés, des équerrages, angles nécessaires à la taille des pièces, dont on verra plus loin le mode de mesurage et l'emploi.

La forme du devis de tracé doit être modifiée, quand des circonstances spéciales se présentent. Ainsi pour un bâtiment cuirassé, il devra donner la surface hors cuirasse, hors matelas et hors bordé; pour un bâtiment à double coque, il devra fournir la surface intérieure. On ne saurait donner trop de détails, surtout en ce qui concerne les extrémités du bâtiment, râblures, courbe de dégraissement, etc......; quelques croquis doivent y être insérés, pour en faciliter l'intelligence. Pour la reproduction exacte d'un navire déjà construit, un devis incomplet ou mal rédigé est souvent plus nuisible qu'utile; aussi le soin de sa rédaction ne doit pas être négligé par l'ingénieur.

CHAPITRE IV.

CALES DE CONSTRUCTION. — TAINS.

Cales de construction. — Pendant la durée de la construction, qui, bien que réduite aujourd'hui, comprend encore le plus souvent plusieurs années, le bâtiment doit reposer sur un chantier solide, pour éviter autant que possible les déformations de sa charpente élastique, et obtenir l'exécution rigoureuse des formes déterminées par le tracé. C'est de ce chantier, appelé *cale de construction*, que le navire doit être mis à l'eau ; on est obligé dans ce but de lui donner une pente vers la mer, afin que le navire, placé sur son berceau, et dégagé de toute retenue, puisse vaincre, par la composante de son poids parallèle à la cale, les résistances passives qui s'opposent à son mouvement. Cette pente, qui doit être au moins de $\frac{1}{25}$, varie de $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{12}$ dans nos arsenaux, et descend souvent à $\frac{1}{22}$ dans les chantiers de l'industrie. Le navire enfin doit être protégé contre les intempéries ; c'est l'objet de toitures, masques, abris divers, qui sont souvent ajoutés après que le montage du gros de la charpente est fait, ou qui existent d'une manière permanente.

La nécessité de travailler à sec en tout temps oblige à arrêter l'extrémité de la cale, voisine de la mer, au niveau des plus hautes marées dans l'Océan, au niveau de la mer dans la Méditerranée. Quelquefois cependant on abaisse ce point, en se protégeant par un batardeau contre l'invasion des fortes marées (Cherbourg). La longueur totale de la cale doit être au moins égale à la longueur entre perpendiculaires du navire à construire, qui y est établi l'arrière du côté de la mer, pour des raisons de moindre fatigue dans le lancement. Cette disposition, qui ne remonte pas à plus de deux siècles, a été mise en usage par les Portugais.

Du côté de la mer, la cale est prolongée sous l'eau par une portion plus ou moins étendue, appelée *avant-cale*, nécessaire pour soutenir le bâtiment lorsqu'il pénètre dans la mer, jusqu'à ce que le déplacement de la partie immergée de la carène soit suffisant pour la faire pivoter autour de l'extrémité avant de la quille, en l'amenant graduellement à son tirant d'eau lège. Le fond de la mer doit avoir une pente au moins égale à l'inclinaison de la cale, jusqu'à l'endroit où l'étambot commence à se relever ; quant à l'avant-cale proprement dite, il n'est pas nécessaire de la prolonger jusqu'à cette limite, et nous verrons plus tard, en nous occupant du lancement, à quelle longueur elle peut être arrêtée.

Pente des cales. — La pente de $\frac{1}{12}$, employée dans les arsenaux français, $\frac{1}{14}$ à $\frac{1}{16}$ dans les arsenaux anglais, donne une force impulsive suffisante pour vaincre les obstacles qui pourraient s'opposer à la progression du navire, sans pour cela que son intensité soit difficile à modérer. Pour



les petits navires on emploie les pentes plus considérables de $\frac{1}{11}$ et $\frac{1}{10}$, quelquefois même pour les chalands et grandes embarcations $\frac{1}{6}$ et $\frac{1}{8}$.

Les chantiers du commerce, appelés généralement à construire des navires de longueurs plus grandes, ont adopté des pentes beaucoup plus faibles, descendant jusqu'à $\frac{1}{22}$, que l'on fait croître graduellement en allant vers la mer. L'inclinaison de $\frac{1}{12}$ permet d'atteindre, avec une faible longueur d'avant-cale, le tirant d'eau nécessaire au lancement ; plus la pente est faible, plus l'avant-cale est longue, et par suite coûteuse pour arriver à la même profondeur. En revanche, avec une forte pente l'avant du navire est très relevé. Dans les mers sans marée, la difficulté de construire une avant-cale continuellement immergée conduit à la remplacer par un tablier en bois, qui continue le plan de la cale ; on coule le tablier en le lestant, après avoir égalisé le terrain sur lequel il repose.

Si la pente du fond de la mer est moindre que celle de la cale, on est obligé d'y creuser un canal, dont le fond présente l'inclinaison de la cale, jusqu'au point où le navire commence à se relever, et que l'on continue ensuite horizontalement, jusqu'à l'endroit où la profondeur naturelle atteint le tirant d'eau du bâtiment. Ce canal se remplit facilement de vase, qu'il faut draguer à chaque lancement ; c'est là une des raisons qui conduisent à employer des cales à faible pente, qui assurent moins bien le départ du navire, mais lui donnent le plus souvent une vitesse suffisante.

Pente des terrains voisins. — La pente des terrains, qui environnent la cale, a aussi son importance au point de vue de l'économie et de la facilité de la construction. Ces terrains peuvent être à la pente de la cale jusqu'à sa partie supérieure ; ils peuvent avoir une pente plus faible, être de niveau avec sa partie supérieure, de niveau avec sa partie inférieure ; enfin les cas intermédiaires peuvent se présenter.

Le premier cas est celui qui offre le plus de commodité, tous les manœuvrages se faisant de plain-pied. Les cales en contre-bas sont avantageuses à ce point de vue, mais elles exigent des travaux de déblai quelquefois considérables, offrent quelques difficultés de manœuvrage pour les pièces à placer dans les fonds, et empêchent l'accès de l'air et de la lumière dans une partie de la construction, ce qui, si elle est en bois, a de grands inconvénients. Enfin les cales en contre-haut exigent que les matériaux de la partie avant soient élevés à une grande hauteur, et entraînent des difficultés pour accorer convenablement les hauts dans cette partie. En supposant une pente de $\frac{1}{12}$, un navire de 100 mètres de long et de 10 mètres de creux, on arrive à des accores de 18 mètres environ de longueur, reposant directement sur le sol ; et on ne peut, à moins d'employer de très gros échantillons, leur donner la raideur nécessaire. En adoptant la pente de $\frac{1}{22}$, on réduit cette longueur à 14^m,50 seulement.

En général, outre la question de solidité du terrain, le choix de l'emplacement d'une cale sera dominé par la nécessité de trouver devant elle la surface d'eau nécessaire au lancement ; son orientation sera déterminée de manière à suivre autant que possible une pente naturelle de $\frac{1}{12}$ environ sur le terrain, sans déblai ni remblai.

La largeur de la cale, déterminée par la disposition de l'appareil de lancement, ne devra pas être inférieure au tiers de la plus grande largeur du navire.

Établissement des cales. — La construction des cales doit être faite de manière à éviter toute déformation, sous la charge qu'elles supportent pendant un temps prolongé ; tout affaisse-

ment de la cale se traduirait par une altération fâcheuse des formes du navire. Pendant le cours de la construction, le poids du navire est porté, partie par les accores, partie par la cale. Pendant le lancement, le poids complet est supporté par la cale, par l'intermédiaire de trois, deux ou un seul coulisseau. Le mode de construction varie d'ailleurs avec la nature des terrains et le régime des chantiers auxquels on les destine, qui peuvent être ou des établissements permanents comme les arsenaux, de longue durée, comme les grands établissements industriels, temporaires enfin, s'il s'agit de chantiers créés uniquement pour construire quelques navires à proximité du théâtre des opérations d'une guerre.

Cales en maçonnerie. — Dans les grands chantiers et les arsenaux, établis sur des terrains de résistance moyenne, les cales sont construites en maçonnerie (*pl.* 9, *fig.* 63-64). On commence par consolider le terrain au moyen de files de pilotis, groupées à l'aplomb du milieu de la cale, et sur les côtés ; on en fixe le nombre et l'écartement suivant la résistance du terrain. On réunit leurs têtes par des longrines et des traverses, qui constituent un grillage à mailles plus ou moins serrées, que l'on noie dans une couche de béton. Par-dessus on établit un massif de maçonnerie, que l'on élève à la pente et à la hauteur voulues, composé de moellons, de granit, de meulière, de calcaire, suivant les ressources du pays. Le plus souvent on le recouvre par un parement en pierre de taille présentant des rainures transversales, destinées à recevoir des traverses en chêne ajustées, et calées en outre par un lit de béton.

Les traverses ont pour longueur la largeur de la cale; leur écartement est de 2 mètres d'axe en axe, leur équarrissage de 36 à 40 centimètres ; elles doivent être en chêne de bonne essence. Sur une partie horizontale ménagée en leur milieu, elles reçoivent les empilages de bois qui supportent la quille, ou *tains ;* leurs extrémités servent d'appui aux coulisseaux de l'appareil de lancement.

Quand la maçonnerie de la cale a une grande hauteur à l'avant, on l'allège en la composant de parties voûtées (*pl.* 9, *fig.* 65 ; *pl.* 10, *fig.* 66), que l'on utilise comme bureaux ou magasins.

Cales en bois. — Les cales en maçonnerie, d'une très grande durée, ont l'inconvénient de coûter fort cher ; des cales en bois peuvent être suffisamment résistantes, même sur les terrains les plus vaseux, quand elles n'ont pas à porter de constructions très lourdes, et sont beaucoup moins coûteuses comme premier établissement ; elles sont surtout utiles pour des installations temporaires, et n'exigent pas le concours d'ouvriers spéciaux.

Sur des terrains très résistants, sur le roc, il suffit quelquefois d'établir, comme cela existe à l'arsenal de Rio-de-Janeiro, des empilages de bois de hauteur graduée, dont le niveau supérieur a la pente voulue, accorés individuellement du côté de la mer. Cette disposition très économique suffira souvent pour des constructions destinées à un achèvement rapide.

Sur des terrains résistants et présentant la pente voulue, il suffit de poser sur le sol trois files de longrines parallèles, une au milieu, deux sur les côtés, et de les réunir par des traverses entaillées. Les vides laissés entre les traverses, sont remplis par une maçonnerie en pierres sèches ; les terrains latéraux doivent avoir une pente convenable, ou être creusés de fossés pour l'écoulement des eaux de pluie, qui ravineraient la cale, et provoqueraient la pourriture des traverses. Pour des terrains très mous, vaseux, il faut répartir la charge sur une grande étendue ; on peut battre des pilotis, ou plus simplement former un grillage analogue au précédent (*pl.* 9, *fig.* 67), mais à mailles multipliées par un nombre de longrines plus grand. Les différentes pièces de ce grillage, entaillées et che-

villées, forment un tout solidaire, reposant sur le sol par une large surface. Sur cette base, on établit des plans successifs de traverses et de longrines de longueurs variables, qui constituent par leur ensemble le plan supérieur de la cale.

Ces cales, employées à Anvers, à Lorient et à Rochefort, sont assez solides pour recevoir les plus grands navires; les pièces de bois de qualité inférieure, que l'on trouve abondamment dans les grands chantiers, permettent de les établir à peu de frais; mais la détérioration rapide de ces bois ne leur donne qu'une durée limitée, suffisante pour beaucoup des chantiers de la marine marchande, qui toutefois, en France, a établi un assez grand nombre de cales en maçonnerie.

Cales couvertes. — Dans les arsenaux de la marine, la construction des navires dure généralement plusieurs années. Les anciennes constructions en bois y restaient fort longtemps, afin qu'une dessiccation prolongée leur assurât une meilleure conservation ; on avait de plus l'habitude, les types de navire variant peu alors, de tenir sur cale un certain nombre de navires assez avancés, pour pouvoir en peu de mois, au moment d'une guerre, les mettre à l'eau et les armer. La conservation était mieux assurée en les recouvrant d'une toiture, qui a en outre encore aujourd'hui l'avantage de permettre à l'ouvrier de travailler à l'abri des intempéries et du soleil, dans de meilleures conditions de production par suite.

Des cales couvertes ont été construites dans la plupart des ports militaires, soit isolées, soit par groupes. Les cales isolées ont l'inconvénient de permettre aux pluies fouettées par le vent d'atteindre le bâtiment, si on n'y ajoute des masques verticaux, qui sont un supplément de dépense, et résistent mal aux coups de vent. De plus elles n'offrent pas d'abri pour le travail des pièces et l'assemblage des couples de la construction, avant leur mise en place.

Aussi a-t-on le plus souvent réuni les cales par groupes, en laissant entre elles des halles de travail. Nous citerons comme exemple le groupe de cinq cales du chantier du Mourillon à Toulon, (*pl.* 11, *fig.* 68), formées de nefs de 21 mètres de large, avec des halles de travail de 8^{m}, 60. Les piliers et les fermes sont en bois; les façades des extrémités et les murs de tête sont en pierre. Les halles de travail n'ont pas la largeur suffisante pour l'assemblage d'un couple, de sorte qu'elles n'atteignent pas complètement le but à rechercher. Dans les arsenaux anglais le climat rend un abri encore plus nécessaire ; les cales sont tantôt isolées, tantôt par groupes. La cale de Chatham (*pl.* 11, *fig.* 69), construite en 1861, a une largeur de 25 mètres, et est accompagnée de deux halles de travail de 10^{m}, 36; elle est construite en fer et fonte, couverte en tôles ondulées, avec de larges panneaux vitrés; les façades avant et arrière sont fermées par des masques en tôle ondulée. Des ponts roulants, placés à la partie supérieure de chaque travée, sont d'une commodité précieuse pour toutes les manœuvres.

L'augmentation rapide dans les dimensions des bâtiments a rendu bientôt incommodes les cales de la plupart des ports; de plus il est possible d'établir sur le navire lui-même une toiture recouverte de toile peinte, qui descend à l'eau avec lui, et le protège pendant son achèvement, jusqu'à la mise en place de la mâture. Dans certains ports, c'est ce mode de protection que l'on préfère ; la charpente légère, démontée quand elle devient inutile, peut servir de nouveau, en partie au moins, pour un autre navire, et les frais sont beaucoup moindres. Quand on ne veut pas avoir recours à ce genre de toiture, on peut établir une toiture légère, portée par des pieds-droits en bois, et composée de tôles ondulées.

Dans les chantiers du commerce, l'usage général est de n'employer aucune espèce de toiture, ni permanente ni temporaire. La rapidité de la construction, la nature peu altérable des éléments métalliques qui y entrent les rendent en effet de moins en moins utiles, et on ne s'aperçoit pas que

de ce fait, ni l'exécution, ni la production du travail soient dans les chantiers de l'industrie inférieures à ce qu'elles sont dans ceux de l'État.

Dans tous les chantiers, il est bon de préparer à l'avance des pieds droits verticaux enfoncés dans le sol, qui serviront à l'établissement des échafaudages. Ces pieds-droits (*pl.* 9, *fig.* 65; *pl.* 10, *fig.* 66) sont placés sur deux lignes de chaque côté de la cale, espacés de 2 mètres à 2^m, 50 et formés soit de forants en sapin, soit de deux bordages en bois du Nord, maintenus parallèlement par des cales et des boulons. Des traverses, réunissant les pieds-droits correspondants des deux files, supportent les planches d'échafaudage. Si les pieds-droits sont formés de bordages, on les perce de trous, dans lesquels on passe des boulons, sur lesquels reposent les traverses, dont on peut à volonté changer la hauteur; si on emploie des forants, on leur amarre les traverses au moyen de tours de cordages bien serrés. Il est indispensable, malgré le point d'honneur souvent peu justifié des ouvriers, de faire placer des garde-corps autour des échafaudages, dont l'établissement solide doit être l'objet de l'attention de l'ingénieur.

On dispose également un plan incliné parallèle au navire, garni de marches sur une partie de sa largeur, et destiné au transport des hommes et des matériaux jusqu'au point le plus élevé de la construction, avec moins de fatigue et de temps perdu que par des échelles. Les pieds-droits et plans inclinés doivent être disposés à distance telle du navire, que le lancement puisse se faire sans les enlever, et qu'ils puissent servir pour une nouvelle construction.

Enfin, il faut compter, au nombre des installations indispensables aux cales, des chemins de fer conduisant les matériaux depuis l'atelier jusqu'à pied d'œuvre, si les machines-outils ne sont pas placées sous un hangar voisin de la cale. Le poids des masses indivisibles à transporter étant peu élevé, et ne dépassant que pour un petit nombre de pièces de forge 2,000 kilogrammes, des chemins de fer à voie étroite, peu coûteux par suite et d'une pose facile, suffiront dans bien des cas.

Il faut y joindre des treuils mécaniques, à vapeur ou hydrauliques, pour le montage des pièces; nous citerons comme exemple de ce genre d'installation les treuils à friction installés en tête des cales du Mourillon à Toulon, et le pont roulant construit sur l'une des cales de la Société des chantiers de la Gironde à Bordeaux. Souvent on se contente d'un treuil à vapeur mobile, que l'on peut transporter d'un point à un autre des chantiers.

Tains. — Avant de mettre un navire en chantier, on doit toujours vérifier la pente de la cale, et sonder à l'herminette et à la tarière les traverses, enfin changer celles qui seraient en mauvais état. On place ensuite sur la partie horizontale de chaque traverse une pile de billots en bois ou *tains* (*pl.* 11, *fig.* 70), dont le plus élevé reçoit la quille; ces tains, de 1 mètre environ de longueur à la base, débordent la quille d'une douzaine de centimètres de chaque côté à la partie supérieure; leur équarrissage est de 36 centimètres environ.

La hauteur des tains doit être calculée pour les bâtiments en bois, de manière à permettre d'exécuter le calfatage des petits fonds et d'enfoncer les plus longues chevilles des galbords; un espace de 1 mètre à 1^m,10, du dessus des traverses au trait inférieur de râblure, suffira en général. Pour les bâtiments en fer, il faut pouvoir faire le rivetage et le matage des fonds; on laissera donc un espace de 1^m,20 environ entre le galbord et la traverse. Il faudra dans chaque cas tenir compte de la hauteur de la quille, pour calculer la hauteur à donner au dessus des tains.

Les pièces de chaque tain (*pl.* 11, *fig.* 71) sont rendues solidaires par des gardes et des clous enfoncés en barbette; des arcs-boutants placés du côté de la mer s'opposent au renversement, en butant contre la traverse voisine. La pièce inférieure des tains porte souvent deux oreilles, dans lesquelles passent des clous, qui les fixent sur la traverse.

Comme on a souvent besoin de démonter la pièce supérieure de chaque tain, pour enfoncer et river certaines chevilles, mettre en place la fausse-quille et le berceau, on règle sa hauteur dès le début en conséquence. Souvent on donne dans l'axe de la pièce un trait de scie, que l'on prolonge au moins jusqu'à mi-épaisseur ; quelquefois aussi on la fait reposer sur deux coins (*pl.* 11, *fig.* 72), qu'il est facile de desserrer pour la démonter.

Les tains sont pris en général dans des pièces défectueuses, qui portent le même nom, et dont les chantiers sont pourvus ; mais il est bon de ne prendre que des tains de bonne essence, et exempts de tout commencement d'altération. S'ils venaient à pourrir et à s'affaisser, le navire éprouverait des déformations, qu'il serait presque impossible de faire disparaître. Chaque année on devra donc visiter les tains et changer les pièces altérées ; bien entendu on ne démonte jamais deux tains consécutifs.

Réglage des tains. — Pour dresser la surface des tains suivant la pente voulue, on fait usage d'un gabarit de pente (*pl.* 11, *fig.* 73), composé d'un bordage dressé AB, ayant 8 à 10 mètres de long, 8 à 10 centimètres d'épaisseur, 40 à 45 centimètres de largeur, auquel est fixé un second bordage CD, sur lequel est tracé un triangle MNP, tel que MP étant perpendiculaire à AB, l'angle PMN soit égal à la pente de la cale. Il en résulte que, le bordage étant placé sur plusieurs tains consécutifs, ceux-ci auront la pente voulue si MN est vertical, ce que l'on vérifie en fixant en M un fil à plomb, qui doit dans ce cas coïncider avec MN ; on l'y ramène, s'il y a lieu, en modifiant la hauteur des tains.

On vérifie également l'alignement des tains en fixant sur chacun d'eux, à une hauteur uniforme, un voyant de couleur vive, et en dégauchissant tous les voyants à la vue, ou mieux encore avec une petite lunette.

Les tains une fois dressés, on trace sur leur surface supérieure la ligne milieu de la cale, et on porte de chaque côté le demi-échantillon sur le droit de la quille ; on grave à la rouanne les deux traits qui en résultent, et qui servent de guides pour la mise en place de la quille, que l'on fixe souvent en outre au moyen de grains d'orge.

FIN DE LA PREMIÈRE PARTIE.

DEUXIÈME PARTIE.

CONSTRUCTION EN BOIS.

CHAPITRE V.

GÉNÉRALITÉS SUR LA TAILLE DES PIÈCES. — QUILLE. — ÉTRAVE.

Procédés géométriques employés pour la coupe des bois. — Avant d'entreprendre l'étude des différentes pièces de bois, qui entrent dans la construction d'un navire, il n'est pas inutile de jeter un coup d'œil sur leur configuration, et d'examiner d'une manière générale les procédés géométriques, par lesquels on réalise des formes extérieures si compliquées en apparence, surtout quand on les compare aux formes simples, et presque toujours limitées par des plans, de la charpente civile.

Divers genres de pièces. — On peut ranger les divers genres de pièces à tailler dans cinq classes, en faisant abstraction des abouts, taillés le plus souvent suivant des plans normaux aux arêtes :

1° Pièces limitées par des plans : quille, étambot, épontilles, bordages de pont ;

2° Pièces comprises entre deux surfaces cylindriques et deux plans : carlingue, étrave, barrots, couples droits de la partie milieu ;

3° Pièces comprises entre deux surfaces courbes et deux plans : couples droits, couples dévoyés.

4° Pièces comprises entre quatre surfaces courbes : couples cylindriques, pièces de tour, allonges de cornière ;

5° Pièces comprises dans une surface de révolution : mâts, vergues, pièces diverses de mâture.

Les instruments dont se sert le charpentier pour tracer les pièces, équerres, fausses équerres, règles, lui permettent de construire des angles et des droites ; le cordeau lui sert à tracer des droites, ou, en projetant ses points, l'intersection d'une surface et d'un plan. Les surfaces, quelles qu'elles soient, doivent donc être déterminées par leur intersection avec des plans, et par

des droites, qu'elles ne peuvent contenir que si elles sont réglées, ou assimilables, par suite de leur peu d'étendue, à des surfaces réglées.

Des tracés déjà très compliqués étant nécessaires pour déterminer les formes extérieures du navire, on cherche à en déduire autant que possible, par des constructions très simples, les données nécessaires à l'exécution de chacune des pièces, afin de ne pas augmenter le travail long et difficile du tracé. Si les formes des pièces en sont quelque peu altérées, leur rapprochement servira de contrôle, et permettra de les corriger les unes par les autres au moyen du parage des surfaces.

Plans. — La construction d'un plan se fait en projetant sur la surface extérieure de la pièce brute les divers points de deux règles dégauchies l'une par l'autre; on obtient ainsi des points *m n p* (*pl.* 11, *fig.* 74) de l'intersection AC de la surface brute avec le plan, et des points correspondants *m'n'p'* en dessous. On fait à la hache des entailles rectilignes *mm'*, *nn'*, *pp'*, réunissant deux points de l'intersection, en nombre assez multiplié pour pouvoir ensuite abattre à la hache le bois laissé entre elles, et n'avoir plus qu'à parer le plan à l'herminette; on le vérifie au moyen d'une règle ou d'un cordeau, que l'on promène sur la surface, avec laquelle il doit rester en contact en tous ses points. Contrairement aux pratiques de la charpenterie civile, on fait peu d'usage du niveau, et on met rarement la pièce en chantier, opération qui serait presque toujours une perte de temps; on la taille sans se préoccuper de sa position par rapport à la verticale; les surfaces qui la limitent étant généralement inclinées les unes sur les autres, on fixe leurs positions au moyen de fausses équerres, et non du niveau et du fil à plomb.

Tracé des lignes. Lignes droites, courbes planes. — Les lignes droites sont tracées au cordeau de charpentier. On trace les lignes courbes avec un gabarit en planches minces construit à la salle sur le tracé; s'il s'agit d'une ligne dont on n'a pas le gabarit, mais dont on connaît plusieurs points, on suit le contour d'une latte flexible, fixée aux différents points donnés.

Génération des surfaces courbes. — Quand la pièce est terminée par un plan, on l'établit, et on y trace son intersection *abcde* (*pl.* 12, *fig.* 75) avec la surface courbe, donnée par le tracé, et reproduite sur le gabarit. D'autre part on coupe le plan et la surface courbe par des plans auxiliaires *mam'*, *nbn'*, *pcp'*, etc., qui généralement ont servi à la détermination de la forme générale du navire, et on mesure sur le tracé les angles α, β, γ, δ, que font les deux intersections par le plan auxiliaire. Ces angles portés avec une fausse équerre, normalement si les plans auxiliaires sont perpendiculaires au plan de la pièce, obliquement et sous l'obliquité convenable, s'il n'en est pas ainsi, suffisent pour déterminer des génératrices *am'*, *bn'*, *cp'*, etc., qui permettent de tailler la surface réglée, supposée assimilable à la surface cherchée.

S'il n'existe pas de plan limitant la pièce, on trace un plan auxiliaire, soit fictif à l'intérieur de la pièce, soit réel à l'extérieur, et aussi voisin que possible de sa surface, et on se sert de ce plan comme dans le cas précédent; puis, portant sur la génératrice de la surface gauche obtenue les longueurs convenables *aa'*, *bb'*, *cc'*, etc. (*pl.* 12, *fig.* 76), mesurées sur le tracé, on détermine une arête de la pièce; enfin, portant à l'équerre les angles α', β', γ', δ', des intersections des deux surfaces gauches par chacun des plans auxiliaires, on obtient des génératrices de la seconde.

Les génératrices des surfaces courbes étant tracées matériellement par des entailles, la matière intermédiaire étant enlevée, la surface est régularisée par l'emploi de lattes flexibles, qui, fixées en quelques points, prennent dans l'intervalle une courbure élastique, et dénotent les irrégularités, que l'on corrige peu à peu.

Quand la pièce est assez peu épaisse pour qu'on puisse compter sur sa flexibilité, on se

contente de faire un développement approximatif de sa face courbe, on la taille plane suivant le contour de ce développement, et on vient ensuite, en la faisant fléchir, la forcer à prendre la forme voulue.

Les constructions qui précèdent se simplifient, quand il s'agit d'une pièce cylindrique, les génératrices, dans ce cas, étant généralement perpendiculaires à la face plane. L'équerre carrée portée de distance en distance, une de ses lames appliquée sur le plan, détermine par l'autre une génératrice du cylindre.

Dans le cas que nous venons d'examiner, les génératrices, qui doivent se trouver à la surface de la pièce taillée, sont forcément à l'intérieur de la pièce brute, et, le point où elles rencontrent la surface plane de la pièce étant donné, il est nécessaire de trouver leur second point d'intersection avec la surface de la pièce brute. Il suffira pour cela de placer la fausse équerre, ouverte à l'angle convenable, de manière que l'une de ses branches N (*pl.* 12, *fig.* 77) soit appliquée sur la surface plane, l'autre touchant la pièce, et étant ainsi parallèle à la génératrice à déterminer; portant alors normalement à la branche M de l'équerre, et dans son plan, la distance normale *ab*, qui la sépare du premier point de rencontre *a*, on déterminera facilement le second *c*, et en exécutant une entaille rectiligne de *a* en *c*, on obtiendra un élément de la surface gauche.

Surfaces de révolution. — On commence par tracer l'axe de la pièce, ou, pour mieux dire, l'intersection de la surface de la pièce avec le plan vertical contenant cet axe. On porte de chaque côté de cet axe, en des positions convenables, les diamètres de ses parallèles ou *broches*, et on fait des entailles verticales, dans lesquelles viennent se loger exactement deux fils à plomb ; on détermine ainsi deux surfaces cylindriques, ayant pour base le méridien de la surface; on donne quartier à la pièce, et on détermine de même deux autres cylindres à génératrices perpendiculaires aux premières.

Portant alors sur les génératrices correspondantes des quatre cylindres des quantités égales et convenablement proportionnées à la broche en chaque point, on enlève la matière en excès, et on donne à la section droite de la pièce une forme octogonale ; puis, par le même procédé, on arrive à un polygone de 16 puis de 32 côtés, qu'il suffit de parer, pour l'amener à l'état de surface de révolution.

Les indications que nous venons de donner seront développées quand il s'agira de la taille des différentes pièces.

Assemblages. — Sous ce rapport, la charpenterie maritime diffère de la charpenterie civile par son extrême simplicité. Elle a renoncé depuis longtemps aux assemblages compliqués, qui doivent toute leur solidité à la perfection du contact, bientôt altérée par le retrait du bois. Les entailles à mi-bois, les embrèvements y sont peu usités; ils auraient pour effet de diminuer la force des pièces, sans contribuer bien efficacement à leur liaison, bien mieux assurée par le chevillage.

Les queues d'aronde, les tenons et mortaises sont les seuls assemblages que nous rencontrerons souvent pour réunir deux pièces perpendiculaires ; quant aux pièces parallèles, elles sont ou placées bout à bout et croisées par une autre, ou juxtaposées et chevillées. Les adents, longtemps employés dans les pièces de mâture, et qui en rendaient la construction coûteuse et délicate, sont depuis longtemps hors d'usage.

Les simplifications qui se sont introduites depuis le commencement du siècle dans ces divers détails, résultat de l'emploi de plus en plus développé des métaux, sont une source d'économie très sensible, dans des constructions qui, malgré tout, seront toujours d'un prix trop élevé.



Quille. — La quille se compose d'une ou de deux séries de pièces de bois placées à la suite les unes des autres, dans une direction rectiligne; les quilles courbes, employées quelquefois par M. Normand, sont peu commodes pour les entrées au bassin, qu'il faut opérer avec une grande précision, pour que le navire porte exactement sur son chantier.

Écarts. — La réunion des pièces se fait par des écarts, dits *écarts longs* (*pl.* 12, *fig.* 78), dont la longueur est de quatre à six fois la hauteur de la quille, ou échantillon sur le tour. On obtient le tracé de la surface de contact de deux pièces consécutives, en élevant aux extrémités de la longueur assignée à l'écart deux perpendiculaires, l'une à la face supérieure, l'autre à la face inférieure, et en portant sur chacune d'elles, à partir des faces opposées, une longueur égale au quart de l'échantillon sur le tour; on réunit les deux points ainsi obtenus par une ligne droite. L'extrémité amincie des pièces est quelquefois terminée par deux plans verticaux *ab, bc* (*pl.* 12, *fig.* 79), faisant un angle très obtus, et s'encastre dans une cavité de même forme ménagée dans l'autre pièce.

Chevillage, tampons. — Dans les anciennes constructions, on ménageait des adents à la face oblique (*pl.* 12, *fig.* 80), ou bien on y pratiquait le logement de clefs (*pl.* 12, *fig.* 81); ce mode de tenue, qui exige une grande précision de coupe, et que le retrait du bois altère bien vite, a été abandonné en France; une disposition analogue est encore employée en Angleterre (*pl.* 12, *fig.* 82) ; aucun de ces agencements ne dispense d'ailleurs de l'emploi de chevilles.

La tenue se fait généralement (*pl.* 12, *fig.* 79) au moyen de deux clous en cuivre placés à chacune des extrémités amincies des pièces, de trois ou quatre chevilles de cuivre les traversant de part en part, enfin par les chevilles qui servent à fixer les couples sur la quille, et qui viendront ultérieurement achever la consolidation. Les chevilles doivent être disposées en ligne brisée, pour ne pas faire fendre la quille; quelquefois on place à chaque extrémité une petite cheville horizontale *mm,* pour éviter la production de fentes longitudinales, et on supprime les clous.

Pour remplacer les adents employés autrefois, on incruste, à la face de joint des écarts, des dés cylindriques en bois dur (*pl.* 12, *fig.* 78), noyés de moitié dans chaque pièce; ces dés, ou tampons tournés, ont leur logement pratiqué au moyen d'un alésoir (*pl.* 12, *fig.* 83), sorte de rabot circulaire, qui forme un trou concentrique à celui de la cheville, percé à l'avance. Le tampon mis en place à force, et percé d'un trou central, sert de protection à la cheville au passage de la face de joint, et reçoit sur une large surface les efforts de cisaillement, qui ne manquent pas de se produire. L'emploi du tampon se retrouve dans bien des parties de la charpente des navires, et dans la mâture; il exige que les axes de tous les tampons réunissant deux pièces soient rigoureusement parallèles, sans quoi l'assemblage ne pourrait se faire.

Quilles en deux plans. — Sur les navires de fort échantillon, on ne pourrait généralement, sans arriver à une dépense exagérée, faire la quille d'une seule hauteur; on la subdivise en deux séries de pièces (*pl.* 12, *fig.* 84), dont la hauteur et la largeur répondent à peu près aux proportions du tarif de recette des bois. On place des tampons en tous les points, où les faces de contact des deux pièces de quille seront traversées par des chevilles, et même en quelques autres, afin d'éviter tout glissement.

Distribution des écarts. — L'emplacement des écarts est déterminé : 1° par la nécessité de ne donner aux pièces que la longueur que comportent les approvisionnements de bois; 2° par la condition de n'en placer aucun au droit des points de fatigue du bâtiment, et en particulier des emplantures des mâts; l'effort de traction des haubans, s'il est exagéré, peut faire ouvrir un écart,

et donner lieu à une voie d'eau; 3° de décroiser convenablement les écarts des deux plans de pièces de quille, quand il y en a un second, et de la carlingue.

Dans le tracé des écarts, on doit avoir soin (*pl.* 12, *fig.* 78 à 82) que le bout de la pièce arrière passe par-dessus celui de la pièce avant, afin que dans un échouage, accident qui se produit généralement par l'avant, l'arrachement d'une pièce n'entraîne pas forcément l'arrachement de la suivante.

Contre-quille. — La contre-quille intérieure *ab* (*pl.* 12, *fig.* 84), partie de la quille située au-dessus du trait supérieur de râblure, qui s'encastre dans les talons des couples, était autrefois constituée par un bordage rapporté; elle fait généralement aujourd'hui partie de la quille, dont elle augmente la hauteur; on évite ainsi les fentes, que les chevilles horizontales, destinées à réunir les galbords en traversant la quille, ne manqueraient pas de produire, si elles ne trouvaient au-dessus d'elles qu'une trop faible épaisseur de bois.

Quand il y a deux plans, on doit déterminer la face de jonction, de manière qu'il reste au-dessous du trait inférieur de râblure assez de bois pour supporter l'effort du calfatage; il ne serait pas bon de placer la face de jonction dans la hauteur de la râblure; son calfatage ne pourrait jamais être repassé.

Choix des bois. — Les pièces de quille doivent être prises dans des pièces d'un bois serré, exempt de fentes longitudinales et transversales, qui pourraient donner lieu à des voies d'eau; le fil doit être droit, sans courbure ni torsion prononcée. On emploie généralement dans les arsenaux du chêne dit de *Bourgogne;* la marine du commerce emploie des quilles en orme, des espèces *Rouge-montant* ou *Schaillard* du nord de la France. Il sera toujours avantageux de ne pas fixer à l'avance d'une manière absolue la longueur de chaque pièce, et de se laisser en partie guider par les dimensions de celles qu'on trouvera dans les approvisionnements; on est d'ailleurs souvent exposé, en cherchant à faire tomber dans les écarts les nœuds, potiches ou autres défectuosités que présentent les pièces, à faire plusieurs recoupes et à modifier la distribution prévue.

Travail des pièces. — Les pièces, soigneusement sondées et blanchies sur leurs faces, sont équarries à vive arête à la scie mécanique sans flache ni aubier, aux échantillons fixés, augmentés d'un gras de 1 centimètre pour le parage à l'herminette. Au chantier, on trace et on taille leurs écarts, et on assemble provisoirement toute la quille sur les tains, pour vérifier sa longueur. On trace son axe sur sa face supérieure, et les traits de râblure sur les faces latérales. Donnant alors, successivement sur chaque bord, quartier aux pièces, on travaille la râblure (*pl.* 13, *fig.* 85) au moyen de gabarits *a*, *b*, *c*, donnant ses sections droites ADE, BDE, CDE, obtenues au tracé à la salle; mais on s'abstient de la creuser au voisinage des écarts (*pl.* 13, *fig.* 86); on réserve cette partie pour l'époque où la quille sera complètement assemblée et chevillée, afin que le raccordement soit plus exact. Ce travail se fait au ciseau pour dégrossir, et à l'herminette pour parer.

Assemblage. — Les pièces ainsi terminées sont munies de leurs dés et assemblées définitivement sur les tains; on indique par des marques indélébiles, au ciseau, la position des perpendiculaires, dont la distance doit être mesurée avec exactitude, et vérifiée avec le plus grand soin. On trace également sur les faces latérales la position des plans de gabariage de tous les couples, et on les numérote. On vérifie que les axes des pièces de quille sont en prolongement, et coïncident avec la ligne tracée sur les tains, et on fixe leur position au moyen de tasseaux (*pl.* 11, *fig.* 70) cloués latéralement sur les tains, empêchant tout déplacement; ce n'est qu'alors qu'on met en place les chevilles, qui réunissent les pièces deux à deux.

Margouillets. — Les couples doivent s'ajuster sur la contre-quille par des entailles ou *margouillets* (*pl.* 13, *fig.* 87), pratiqués moitié dans le couple, moitié dans la contre-quille, et destinés à empêcher tout déplacement longitudinal. Ces entailles descendent à mi-hauteur de la contre-quille, et ont pour largeur, soit l'échantillon sur le tour du couple, soit plus souvent, quand le remplissage des fonds est fourni par lui-même, l'échantillon d'un des plans du couple. Afin de faciliter la mise en place des couples, on émouche légèrement sur les côtés la contre-quille et on donne à l'entaille du couple une section trapézoïdale destinée à l'épouser. Vers les extrémités, les formes acculées ne permettent plus ce mode d'assemblage, que l'on remplace par un tenon (*pl.* 13, *fig.* 88), porté par le talon du couple, et engagé dans une mortaise pratiquée à la face supérieure de la quille.

Toutes les fentes de la quille doivent être, dès le début, soigneusement calfatées et mastiquées; dans un climat sec, on fera bien d'en recouvrir toute la surface de peinture grise, afin d'éviter qu'une dessiccation trop rapide ne la fasse fendre.

Fausse-quille. — La quille est protégée contre les chocs par une pièce de faible épaisseur, ou *fausse-quille*, qui ne sera mise en place, en contact avec sa face inférieure, que peu de temps avant la mise à la mer. Elle est tenue assez légèrement, au moyen de clous enfoncés par-dessous, afin de pouvoir céder sans compromettre la quille; elle se compose de bordages placés bout à bout. Elle est d'ailleurs séparée de la quille par le doublage en cuivre, et est recouverte elle-même par un doublage spécial.

Étrave, formes diverses. — Le contour de l'étrave, obtenu au tracé à la salle, a des formes variées. Dans beaucoup de navires (*pl.* 13, *fig.* 89), il se détache de la quille en faisant un angle vif, ou en se raccordant avec elle par un arrondi, et monte suivant une courbe, dont la convexité est tournée vers l'avant. Dans les étraves dites élancées (*pl.* 13, *fig.* 90), cette courbure a un point d'inflexion, et tourne à la partie supérieure sa concavité vers l'avant. Citons encore les étraves droites (*pl.* 13, *fig.* 91), tracées suivant une ligne verticale raccordée avec la quille, enfin les étraves renversées ou à éperon (*pl.* 13, *fig.* 92). Quelle que soit la forme, on a obtenu à la salle le tracé du trait extérieur, des traits de râblure, du trait intérieur, accompagné de coupes normales, qui définissent complètement la forme de l'étrave. Le tout est reporté sur un gabarit décomposé en plusieurs morceaux, vu ses dimensions, sur lequel on a étudié une division approximative de l'étrave, qui, presque toujours actuellement, est en deux plans sur le tour. Le plan intérieur s'appelle *contre-étrave*.

Brion, écarts. — Dans tous les cas la jonction de l'étrave et de la quille se fait au moyen d'une pièce courbe, le *brion* A (*pl.* 14, *fig.* 93), que sa courbure accentuée rend souvent difficile à obtenir, et dont on dispose les extrémités en dehors de celles de la dernière pièce de la quille et de la pièce inférieure de l'étrave, de manière que son arrachement puisse avoir lieu sans compromettre les deux pièces voisines. Quand on ne peut se procurer le brion nécessaire, on termine l'étrave par un tenon (*pl.* 14, *fig.* 94), qui pénètre dans la quille, et on achève l'assemblage par une courbe intérieure et deux plates-bandes en bronze, incrustées latéralement et réunies par des chevilles tranversales; le joint est consolidé par le croisement de la première pièce de contre-étrave. Les pièces supérieures de l'étrave s'assemblent les unes aux autres comme celles de la quille, avec cette réserve que quand la courbure est forte, il faut, pour ne pas affaiblir les bouts des pièces, donner à la face de contact de l'écart une forme courbe; on observe les mêmes règles pour la distribution des écarts des deux plans. On place également des dés aux surfaces de contact; on est quelquefois obligé de les remplacer par des dés rectangulaires (*pl.* 14, *fig.* 95), quand la distribution des chevilles ne permet pas de mettre celles-ci parallèles sur toute la surface de contact des deux pièces, et leur

fait rencontrer obliquement les dés, dont le parallélisme des axes est indispensable pour la possibilité de l'assemblage.

Dans les anciens navires à voiles, très pleins de l'avant, les bordages n'auraient pu trouver dans la râblure une surface d'appui suffisante, si on n'avait complété l'étrave par deux pièces latérales appelées *apôtres* (*pl.* 9, *fig.* 62). Les apôtres, chevillés à terre avec l'étrave, venaient s'appliquer sur sa face latérale suivant la courbe de dégraissement. Actuellement la finesse des navires conduit généralement à émoucher fortement l'étrave, sur laquelle les bordages trouvent leur surface d'appui et de chevillage.

Les observations faites plus haut, sur le choix des pièces de quille et sur leur travail, s'appliquent de tout point aux pièces de l'étrave.

La face avant de l'étrave doit être affinée ou arrondie, pour éviter la résistance que lui opposerait la mer dans la marche directe. Quelquefois on la recouvre d'une armature légère en bronze, qui permet de lui donner encore plus de finesse; souvent aussi on la garnit d'une pièce ogivale supplémentaire, appelée *taille-mer*. Quelle que soit la disposition employée, il est bon de l'arrêter dès le tracé à la salle, afin de se mettre à couvert d'une insuffisance ou d'un excès de bois.

Assemblage et montage de l'étrave. — Les diverses parties de l'étrave sont assemblées provisoirement à terre, sur un chantier composé de quelques traverses, dont on met les surfaces supérieures dans le même plan. On vérifie : 1° que l'étrave est plane, en tendant une série de cordeaux, partant de points choisis dans le plan diamétral de chaque pièce, qui doivent se toucher deux à deux ; 2° qu'elle a le contour cherché, par la superposition des gabarits, ou en mesurant des droites rayonnant d'un point, et allant à divers points fixés à l'avance dans le diamétral, dont les longueurs ont été relevées à la salle.

On lève alors l'étrave en une ou plusieurs parties, suivant le poids, les apparaux dont on dispose et les habitudes du port, et on la soutient au moyen d'accores (*pl.* 14, *fig.* 96) placés dans le plan diamétral, *ab*, et sur les côtés, *cd*. Ces accores butent par leurs têtes sur des taquets cloués sur les faces antérieure et latérales de l'étrave ; leur pied (*pl.* 14, *fig.* 97) repose sur des soles noyées dans le terrain environnant, et est fixé au moyen de deux coins forcés contre un taquet.

On vérifie alors: 1° que l'étrave est plane, par le procédé indiqué plus haut; 2° que son diamétral coïncide avec celui de la quille, en promenant sur sa face latérale un fil à plomb, qui doit constamment toucher un cordeau tendu de manière à tangenter la face latérale de la quille; 3° que l'étrave est en position de l'avant à l'arrière. Pour cela on a préalablement tracé sur l'étrave la perpendiculaire avant; on emploie un gabarit de pente (*pl.* 14, *fig.* 98) qui se compose d'un bordage dressé, muni d'un appendice tel, qu'un cordeau tendu de *a* en *c* fasse avec le côté *ab* un angle égal à celui de la cale avec l'horizon. On fait coïncider le côté *ab* avec la trace de la perpendiculaire sur l'étrave, et on agit sur l'accore avant, jusqu'à ce que le fil à plomb suive le côté *ac*. On se sert également pour cette rectification de distances relevées à la salle, entre divers points de l'étrave et un point choisi sur la quille.

CHAPITRE VI.

COUPLES.

Couples. — Les couples se composent de deux plans de bois juxtaposés, et réunis à l'aide de chevilles cylindriques ou de goujons carrés, et de tampons. Chaque plan est formé d'une série de pièces, plus ou moins difficiles à trouver, suivant leur longueur, leur équarissage, leur courbure; en étudiant leur distribution, on doit avoir soin de les prendre dans les signaux les plus communs, et dans les espèces les moins élevées du tarif de recette des bois.

Ancien système de boisage. — Le plan de bois qui regarde le maître-couple est le premier plan; on le composait généralement autrefois (*pl.* 14, *fig.* 99) d'une *varangue* ABC, placée symétriquement par rapport au diamétral, puis de chaque bord d'une 1re, 3e, 5e *allonge* CD, DE, EF...; le deuxième plan se composait de deux *genoux* BG, butant l'un contre l'autre dans le plan diamétral, puis de chaque bord d'une 2e, 4e allonge GH, HI..., etc.

Les pièces des deux plans doivent décroiser leurs joints, de manière à former des recouvrements ou *empatures* BC, CG,..., qui permettent de cheviller le tout, chaque pièce d'un plan servant de jonction à deux pièces de l'autre. Quelquefois (*pl.* 14, *fig.* 100-101), pour faciliter l'emploi de genoux courts, on interposait entre leurs extrémités un billot ou fausse varangue MN, sans utilité, d'ailleurs, pour la solidité du système.

Aux extrémités, l'acculement des varangues ne permettrait de les trouver que dans des courbes naturelles, extrêmement rares aujourd'hui, composées de la fourche de deux branches, ou de la jonction de l'une d'elles et du tronc, douées, par suite, d'une solidité médiocre. Il est préférable d'employer des varangues d'assemblage (*pl.* 15, *fig.* 102) composées, dans le premier plan, de deux pièces séparées AB, CD, croisées dans le second plan par un empilage de pièces horizontales courtes M, N, P, appelées *billots* ou *oreillers*, chevillées avec elles.

Nouveau système de boisage. — Le système de boisage par varangues et genoux a l'inconvénient de placer une section faible dans l'axe du bâtiment. On préfère généralement aujourd'hui composer chaque plan de la même manière (*pl.* 15, *fig.* 103-104), au moyen d'une varangue à branches inégales, ou *quartier de varangue*, AB, A'B', que l'on continue de chaque bord par un genou et une série d'allonges; les deux quartiers de varangue se croisent de 2 à 3 mètres. Le point faible est ainsi reporté en dehors de l'axe; on a, en outre, plus de facilité pour trouver les genoux, dont la longueur est diminuée de celle de la petite branche de la varangue. Aux extrémités, il ne serait possible de conserver ce système, qu'en prenant la petite branche dans l'excédent que

fournit la culée, et en la faisant travailler dans le sens perpendiculaire au fil du bois, ce qui serait peu solide; il vaut mieux recourir aux oreillers.

Quel que soit le système adopté, il donnera toujours une ligne faible, reportée, il est vrai, en dehors de l'axe dans le second; le mieux sera, quand on le pourra, de combiner l'emploi des deux boisages, de manière à n'avoir pas toutes les empatures à la même hauteur. La nécessité, d'ailleurs, de ne pas épuiser dans les approvisionnements toutes les pièces de même courbure, conduira naturellement à cette solution.

Varangues sans billots. — Souvent aussi, pour des bâtiments de petit échantillon, on emploie, dans les extrémités, des varangues en deux parties (*pl.* 14, *fig.* 105), qui viennent se fixer latéralement sur un massif longitudinal, composé de plusieurs pièces de bois superposées à la contre-quille; les varangues sont fixées par des chevilles transversales; des lattes en fer entaillées, tenues sur les varangues et le massif au moyen de vis à bois, complètent l'assemblage.

Tarif de recette des bois. — L'économie, dont la nécessité n'est pas moins impérieuse que celle de la perfection du travail, exige que, dès le début de la construction, la décomposition des couples soit étudiée, de manière à diminuer autant que possible le déchet, qui, malgré tout, sera considérable. Les pièces de bois reçues dans les arsenaux sont, suivant leur configuration, c'est-à-dire leur courbure plane ou double, classées en *signaux,* et dans chaque signal, suivant leurs dimensions, en *espèces,* les pièces à forte courbure et grandes dimensions étant naturellement les plus chères. On devra chercher, autant que possible, à ne pas dépasser beaucoup les longueurs qui, dans le tarif de recette des bois du 8 juin 1859, correspondent aux échantillons sur le droit et sur le tour, exigés par le devis d'échantillons du navire; dans la décomposition, on veillera à réduire autant que possible la longueur des pièces à forte courbure, toujours difficiles à trouver; cette étude ne peut se faire convenablement que si l'on connaît bien le tarif. Les signaux des bois reçoivent les noms des différentes pièces de la membrure, varangue, varangue *acculée*, genou, allonge, etc.; mais dans un même bâtiment, la courbure des pièces similaires des différents couples varie de l'avant à l'arrière, tandis que toutes les pièces d'un même signal ont à peu près la même courbure; il en résulte qu'il n'y a pas concordance entre la désignation de la pièce au dépôt des bois, et celle que lui assigne sa position dans la construction.

Il est bon, dès que le tracé à la salle est commencé, de faire faire des gabarits approximatifs des pièces du maître-couple, ce qui permet de rechercher dans les hangars les pièces nécessaires pour la maîtresse partie, dont la forme, sur une assez grande longueur, varie peu.

Couples de levée, couples de remplissage. — Dans les anciennes constructions, une partie seulement des couples, dits *de levée,* étaient des couples doubles; on les distribuait de manière à leur faire former façade des sabords, et on les montait avec les précautions indiquées plus loin. Entre ces couples, on venait placer des couples de *remplissage*, qui n'étaient mis en place qu'une fois les couples de levée à leur position définitive. Ces couples, tantôt doubles, tantôt simples, et dans ce cas ne concourant en rien à donner au navire l'invariabilité de forme, étaient au nombre de deux, ou même trois, entre deux couples de levée, et n'avaient d'autre but que de réduire la maille à une dimension inférieure au calibre du boulet le plus employé, celui de 30, soit $0^{m},16$. La maille, variant de 9 à 12 centimètres, ne permettait pas au boulet de pénétrer sans rencontrer à la fois le bordé et la membrure. Ce mode de construction, peu solide, est depuis longtemps tombé en désuétude, et actuellement tous les couples sont de levée.

Mailles. — Il arrive fréquemment aujourd'hui, que, pour réduire le poids de la mem-

brure, tout en soutenant convenablement le bordé, et sans donner à la maille des proportions exagérées, on laisse, entre les deux plans du couple (*pl.* 15, *fig.* 106), une petite maille de 5 à 6 centimètres; les deux plans sont maintenus à une distance invariable par des tampons, que traversent des chevilles, et le plan de gabariage devient un plan fictif, situé au milieu de la maille. La conservation de la membrure est également favorisée par cette disposition : elle permet à l'air de baigner des surfaces, qui, placées en contact, sont très exposées à l'échauffement et à la pourriture. Les couples à petites mailles sont aujourd'hui d'un usage général sur tous les bâtiments d'échantillon léger.

Clefs. — Dans les anciens bâtiments, une fois la membrure mise en place (*pl.* 14, *fig.* 107-108), on plaçait dans les fonds des clefs *m*, *m*, arc-boutant les couples et disposées longitudinalement. Ces clefs s'engageaient dans des mortaises peu profondes, pratiquées sur les faces planes des couples, et ayant un peu d'entrée; on les enfonçait simultanément à la masse, de manière à prévenir les efforts de compression qui se produisent si énergiquement dans les fonds du navire; on en plaçait généralement une file au bout, une autre au milieu de la varangue, puis deux autres, dont une au fort.

Les clefs arrêtaient la circulation de l'air dans les mailles, et auraient gêné celle de l'eau, qui s'y rassemble toujours en plus ou moins grande quantité, si on n'avait pratiqué dans leur épaisseur, du côté du bordé, de petits canaux triangulaires ou *anguillers;* on en pratiquait également dans le collet de la varangue de chaque côté de la quille, afin de permettre à l'eau de se réunir au pied des pompes. Ces anguillers, nuisibles à la solidité de la varangue, s'obstruaient rapidement, et les mailles, remplies d'eau stagnante et de détritus, devenaient rapidement, sous l'influence de l'air chaud et non renouvelé de la cale, un foyer d'infection. L'emploi d'une chaîne, qui traverse tous les anguillers, permet, il est vrai, par un mouvement de va-et-vient, de les dégager de temps en temps; mais ce système est toujours défectueux.

Remplissage des fonds. — La pratique actuelle, adoptée d'ailleurs avec succès depuis nombre d'années, consiste à remplir les mailles (*pl.* 15, *fig.* 106), depuis la quille jusqu'à une hauteur de 2 à 3 mètres au-dessous de la flottaison. Tantôt ces remplissages sont des garnis de faible épaisseur AA, que l'on trouve facilement dans les croûtes de la membrure; tantôt, quand la membrure des fonds, ce qui arrive souvent aujourd'hui, a un fort échantillon sur le tour, on profite de tout ce que fournit de bois l'échantillon brut sur le droit des pièces que l'on emploie, soit pour faire les couples complètement jointifs dans la partie des fonds pleins (BB), soit pour réduire autant que possible les garnis. Ces garnis ne se mettent en place que peu avant le bordé, mais on doit les débiter en même temps que la membrure, et les laisser sécher dans un endroit aéré, pour éviter tout retrait après la mise en place. Ils doivent être soigneusement calfatés à refus par l'intérieur et par l'extérieur; ils sont d'ailleurs reliés à la membrure par des gournables obliques. La virure de bordé, qui recouvre l'extrémité du remplissage, doit être calfatée sur le plat, afin d'éviter toute propagation de voie d'eau par le calfatage. Ainsi construits, les fonds du bâtiment forment une pièce massive, dont l'étanchéité est indépendante de celle du bordé, en cas d'échouage; la résistance aux efforts de compression est bien supérieure à celle que donnaient les clefs. L'eau ne séjourne plus dans la maille; il faut seulement avoir soin de terminer la partie supérieure des remplissages par un plan horizontal, ou légèrement incliné vers le diamétral; quelquefois même cette partie est recouverte d'un bout de planche de chêne, pour éviter que l'eau ne pénètre dans les remplissages par les fibres. De plus il faut donner issue à l'eau, soit par un *accotar* (*pl.* 15, *fig.* 109) lui faisant traverser le vaigrage, ce qui affaiblit ce dernier, soit, ce qui vaut mieux (*pl.* 15,

fig. 110), en réduisant l'échantillon sur le tour des remplissages aux deux tiers environ de celui de la membrure, jusqu'au-dessous des dernières vaigres, ce qui forme un canal facile à nettoyer et d'une section suffisante. On peut encore, quand il n'y a que des vaigres d'empature, prendre la disposition de la figure 111 (*pl.* 15).

Empatures. — L'assemblage des pièces consécutives d'un couple se fait, avons-nous dit, par le croisement ou empature de la pièce correspondante du plan voisin ; quelquefois les pièces d'un même plan sont rendues solidaires, soit au moyen d'un taquet (*pl.* 15, *fig.* 112), soit au moyen de dés (*pl.* 15, *fig.* 113), placés à la face de contact des deux pièces et encastrés de moitié dans chacune d'elles. Ces moyens, abandonnés aujourd'hui dans les arsenaux français, sont coûteux, et n'ajoutent pas grand'chose à la solidité d'un couple en bois, solidité d'ailleurs assez faible, eu égard à la quantité de matière employée.

La longueur des empatures doit être assez grande pour que chacune d'elles puisse recevoir trois chevilles de jonction, les chevilles extrêmes se plaçant à 25 ou 30 centimètres des abouts, pour éviter les fentes ; une longueur totale de $1^{m},50$ à 2 mètres sera convenable, mais la rareté des bois à forte courbure oblige souvent à s'en tenir à la limite inférieure ; il n'y a pas d'ailleurs intérêt à exagérer cette dimension, ce qui pourrait conduire à faire supporter aux chevilles un effort de cisaillement trop fort, dans le cas où les deux pièces qu'elles joignent tendraient à glisser en tournant l'une sur l'autre ; on n'ajouterait rien à la solidité, mais on rendrait plus difficile et plus coûteuse la composition des membrures.

Chevillage. — Les chevilles employées ont été pendant longtemps des goujons carrés, enfoncés normalement au plan de gabariage, dans des trous percés au diamètre du cercle inscrit. On emploie généralement aujourd'hui des chevilles en fer rond, dont le passage dans le plan de gabariage (*pl.* 15, *fig.* 114) est protégé, comme celui des chevilles de quille, par un tampon en bois dur pénétrant de moitié dans chaque plan. Si le couple est à petite maille, le tampon plus allongé porte un épaulement, qui empêche le rapprochement des deux plans du couple. Les chevilles en fer rond ont une tenue supérieure à celle des goujons. La conservation des chevilles est d'ailleurs très bien assurée par le zingage ; cette pratique, adoptée aujourd'hui d'une manière générale pour tous les ferrements exposés au contact des bois et à l'humidité, protège le fer d'une manière remarquable, en l'enveloppant d'une couche métallique très adhérente, et peu susceptible d'oxydation. La longueur des goujons est inférieure de 2 à 3 centimètres à l'échantillon sur le droit des pièces à joindre ; leurs extrémités restent donc noyées.

Chevillage oblique. — Dans les ports de la Méditerranée, on a conservé pendant longtemps l'usage de réunir les couples (*pl.* 15, *fig.* 115) par des paires de chevilles obliques, venant aboutir près des angles des pièces. Ce mode de chevillage était indispensable pour les couples de remplissage, la maille ne permettant pas l'enfoncement des chevilles perpendiculairement au plan de gabariage ; il n'a pas de raison d'être, maintenant que tous les couples sont de levée. Cette disposition avait l'avantage de résister aux efforts, qui tendent à séparer les deux plans du couple ; en revanche, elle ne permettait pas l'emploi de tampons dans le plan de gabariage, et à ce titre elle doit être repoussée, sauf dans le cas de réparation locale d'un membre.

CHAPITRE VII.

CHARPENTE DE L'ARRIÈRE.

Arrières carrés. — Le corps du bâtiment doit être fermé par l'arrière ; mais ses formes présentant en général une très grande finesse dans l'œuvre vive, et un large évasement dans l'œuvre morte, il n'est plus possible, comme pour la partie avant, de se contenter de couples droits. D'ailleurs, dans les navires à hélice diamétrale, l'installation du propulseur, dont l'arbre doit traverser longitudinalement la muraille, et qui raccourcit le navire dans les fonds, par l'établissement de la cage, vient singulièrement compliquer cette charpente.

Nous avons déjà décrit sommairement la charpente des arrières carrés, et indiqué quels en étaient les inconvénients : solidité insuffisante, angle mort. Pour constituer cette charpente, les couples (*pl.* 1, *fig.* 1-2 ; *pl.* 16, *fig.* 116) sont dévoyés graduellement jusqu'à un dernier couple, appelé *l'estain ;* souvent même l'estain est le seul couple dévoyé de l'arrière. Sur l'estain viennent s'appuyer des barres horizontales, qui reposent par le milieu sur l'étambot, et dont la plus élevée, à double courbure, reçoit le pied d'une série d'allonges de voûte et de quenouillettes du tableau. Enfin l'intersection de la voûte et du tableau avec la surface latérale de la charpente est constituée par une pièce à double courbure, l'arête de cornière.

On peut aussi supprimer les barres (*pl.* 15, *fig.* 117), et, tout en conservant la forme carrée, faire descendre les allonges de voûte jusqu'au massif : elles sont alors croisées par les bordages, ce qui les réunit d'une manière beaucoup plus solide.

Les arrières carrés ne faisant plus partie de la pratique courante des arsenaux, nous renverrons, pour ce qui concerne l'exécution de leurs pièces, au Traité de Construction navale de M. de Fréminville, où cette question est traitée avec détail. Nous nous contenterons de faire remarquer que les méthodes données plus loin pour les pièces à double courbure, couple cylindrique, pièce de tour, s'appliquent, avec quelques modifications et simplifications, aux pièces de même nature, telles que l'allonge de cornière, la barre d'hourdy, que l'on rencontre dans l'arrière carré.

Couples dévoyés ; leur objet. — Les pièces de bois que l'on débite en allonges, présentent des sections à peu près rectangulaires ; les couples droits, compris entre deux plans perpendiculaires au diamétral, et les surfaces extérieure et intérieure du navire, ont des sections transversales rectangulaires vers le milieu, et prennent la forme d'un parallélogramme à angles d'autant plus inégaux, qu'on se rapproche plus des extrémités. Les angles obtus de ces sections portent le nom d'*équerrages ;* ils occasionnent des déchets d'autant plus considérables qu'ils sont plus pro-

noncés. Si, en effet, *abcd* (*pl.* 16, *fig.* 118) est l'intersection d'un couple C et d'une lisse qui lui est normale, il est évident qu'avec les équerrages représentés sur la figure la pièce aura dû avoir avant le débit un diamètre égal à la diagonale *db*, tandis que si l'équerrage eût été droit, il eût suffi d'un diamètre égal à *de*, diagonale du carré ayant pour côté la distance des deux faces parallèles du couple. Les équerrages prononcés présentent, en outre, le grand inconvénient de découper profondément le fil du bois, et de diminuer la solidité de la charpente. Ces raisons motivent l'emploi de couples dévoyés tels que D*d*, dont les traces sont dirigées à peu près normalement au contour moyen des lignes d'eau et des lisses, et qui donnent, par conséquent, de faibles équerrages aux points où ceux de couples droits eussent atteint des valeurs tout à fait exagérées.

Distribution des couples dévoyés. — Dans les arrières ronds ou elliptiques généralement usités, on n'arriverait pas à tracer des couples rencontrant, sous des angles convenables, à la fois les lignes d'eau des fonds et les livets des ponts supérieurs, et, à moins de faire mordre les pieds des couples les uns sur les autres, ils laisseraient toujours, à la partie supérieure, des vides incompatibles avec la bonne tenue des bordages.

On a commencé par composer la charpente de l'arrière au moyen d'allonges dirigées parallèlement au plan diamétral (*pl.* 16, *fig.* 119), dont les deux plus voisines de l'axe enfermaient entre elles la jaumière; toutes venaient s'appuyer par leur pied sur le dernier couple dévoyé, dont le dévoiement ne dépassait pas 45°, et qui jouait le rôle de l'estain; ce couple unique, supportant tout l'arrière, n'offrait pas une sécurité suffisante. Pour éviter cet inconvénient, et rattacher le pied de tous les couples à la quille ou aux pièces qui la surmontent, on a souvent recours (*pl.* 16, *fig.* 120) à des couples plusieurs fois dévoyés, afin d'avoir des équerrages modérés et des mailles régulières. Mais les bois nécessaires pour les allonges d'angle sont difficiles à trouver, et on est par suite forcé d'abandonner la distribution la meilleure, et d'admettre des équerrages encore assez forts à la tête et au pied.

On a quelquefois essayé de remplacer les couples plusieurs fois dévoyés à angle vif, par des couples graduellement dévoyés, et compris entre des surfaces cylindriques, normales aux lignes d'eau et aux lisses (*pl.* 16, *fig.* 121). On peut obtenir de cette manière une distribution satisfaisante, mais aux dépens de la solidité et de l'économie ; à moins de trouver des pièces d'une courbure exceptionnelle, on tranche beaucoup le fil du bois, et on a d'énormes déchets, avec une main-d'œuvre coûteuse, qui exige des ouvriers d'élite. Ce système n'est admissible que si on restreint le dévoiement cylindrique aux allonges des fonds, et si on peut admettre les formes planes sur la plus grande partie du couple.

Généralement aujourd'hui, on se borne à pousser les couples dévoyés de l'arrière autant que possible, puis à fermer la charpente (*pl.* 16, *fig.* 122) :

1° Par une allonge de poupe reliée à la face latérale de l'étambot, dont les deux plans se séparent pour appuyer les bordages sur une plus large surface;

2° Par une série d'allonges simples intercalées, dont les différentes pièces sont assemblées à écarts longs; toute la charpente de l'arrière repose donc sur l'étambot. Les dispositions précédentes s'appliquent aussi bien aux arrières pointus qu'aux arrières ronds; l'arrière pointu est généralement d'un boisage plus facile, les équerrages variant moins du pied à la tête des couples, et le moindre développement des ponts donnant des mailles moins grandes.

Étambot. — Quel que soit le système adopté, les allonges de poupe viennent s'appliquer sur la face latérale de l'étambot (*pl.* 16, *fig.* 123), et le suivent pendant une certaine longueur, de manière à se cheviller fortement avec lui. L'étambot doit être relié au marsouin par une courbe,

que l'on faisait autrefois en bois, et que l'on peut construire en fer, ou en tôles et cornières. On peut aussi bifurquer le marsouin, de manière à lui faire embrasser la tête de l'étambot au-dessus des allonges de poupe, et à la relier par suite solidement au reste de la charpente.

Au pied, l'étambot pénètre dans la quille par un tenon (*pl.* 16, *fig.* 124), et lui est relié, quand on le peut, par une courbe en bois *abc,* aux branches de laquelle on donne toute la longueur possible. Elle assure l'invariabilité d'un assemblage, qui a besoin d'une solidité exceptionnelle dans les cas d'échouage. Quand on ne peut pas trouver une courbe fournissant l'angle droit nécessaire, on la modifie (*pl.* 16, *fig.* 125) en augmentant son ouverture, au moyen de pièces de remplissage longitudinales, que traversent les chevilles de la courbe et du talon des couples.

A défaut de courbes, on remplit l'angle de la quille et de l'étambot (*pl.* 17, *fig.* 126) de garnis triangulaires, qui remontent les pieds des couples, en simplifiant leur boisage, et économisant de la main-d'œuvre. Quoique moins satisfaisants au point de vue de la solidité, puisqu'ils sont parallèles aux bordages, au lieu d'être croisés par eux, comme le seraient les talons des couples, ces remplissages sont très suffisants, si on a soin de bien les ajuster, avec tampons dans les faces de joint, et d'encastrer leur bout arrière dans une feuillure pratiquée dans la face avant de l'étambot. Quelques lattes en fer suffiront pour consolider cette partie.

L'étambot est souvent une pièce unique, d'échantillon constant de la tête au pied; souvent on lui donne un fort échantillon de l'avant à l'arrière, et on le fait en deux pièces, réunies par des tampons et des chevilles; le contre-étambot remplace les billots du dernier couple dévoyé.

La râblure est travaillée comme celle de la quille et celle de l'étrave (*pl.* 17, *fig.* 127), au moyen de gabarits M, N, taillés suivant les lignes d'eau; dans la partie inférieure très fine, elle se réduit à une simple feuillure; souvent on ne la prolonge pas en ligne droite (*pl.* 17, *fig.* 128), jusqu'à la rencontre de celle de la quille: on aurait un point difficile à calfater; on préfère généralement faire un pan coupé, et avoir deux angles obtus plus faciles à rendre étanches.

Arrière à hélice diamétrale fixe. — L'arbre porte-hélice (*pl.* 17, *fig.* 129) traverse les talons des couples de l'arrière dans un canal diamétral, qui part d'un couple, dont l'encolure est surélevée, et va aboutir à l'étambot, reporté sur l'avant de la longueur nécessaire à l'établissement de la cage de l'hélice; à l'arrière de la cage se trouve un second étambot, qui, avec le prolongement de la quille, la ferme, et qui porte les points d'attache du gouvernail. Le calfatage du canal, quoique fait avec soin, n'assurerait pas son étanchéité, si on n'y introduisait, par l'intérieur du navire, un tube en bronze rivé par son extrémité arrière, sur une contre-plaque fixée sur l'étambot. La surface annulaire de jonction du tube et de son logement doit être calfatée à l'extrémité sur 40 à 50 centimètres de long; à l'intérieur, se trouve le presse-étoupes de l'arbre. L'eau ne peut donc pénétrer soit dans la cale, soit en maille, que si le tube vient à se rompre. Tantôt le propulseur est fixé invariablement à son arbre; tantôt il peut être démonté à la mer pour faciliter la marche à la voile; ce dernier système, peu employé aujourd'hui dans la marine française, entraîne une construction de l'arrière un peu différente.

L'étambot avant, ainsi que les couples qui l'avoisinent, doit recevoir, dans tous les cas, une surépaisseur compensant l'affaiblissement causé par le canal. Ce renflement ne permet pas toujours de le constituer d'une seule pièce; aussi le compose-t-on souvent de deux pièces (*pl.* 17, *fig.* 130) assemblées à écart long à la hauteur du tube et présentant en ce point leur plus forte dimension naturelle. L'écart du contre-étambot est contrarié avec celui de l'étambot, afin d'éviter une ligne de rupture, et une voie d'eau pénétrante.

Quelquefois aussi l'étambot a besoin d'un fort échantillon en haut de la cage; on le constitue

dans ce cas de deux pièces réunies dans le plan diamétral (*pl.* 17, *fig.* 131); quelquefois enfin, s'il n'y a qu'un léger défourni au contre-étambot, on le comble avec une cale rapportée à la hauteur du renflement (*pl.* 17, *fig.* 132).

On peut conserver plus de force à l'étambot en reportant la râblure sur le contre-étambot, et laissant par suite au premier un supplément d'épaisseur égal à l'échantillon du bordé.

Cage de l'hélice, sommier. — La cage, dans le cas de l'hélice fixe, est fermée à sa partie supérieure par un sommier tantôt horizontal (*pl.* 18, *fig.* 133), tantôt incliné (*pl.* 18, *fig.* 136), recevant les pieds des couples comme la quille; il est assemblé avec les étambots soit à tenon, soit à épaulette. Quelquefois, surtout sur les arrières pointus, le sommier, formé de deux pièces (*pl.* 19, *fig.* 137), se prolonge latéralement, en formant bordé, se relie à quelques couples, et donne plus de solidité.

Généralement il convient de ne pas arrêter le marsouin, déjà coupé au presse-étoupes, à l'étambot avant; on le remplace par deux marsouins latéraux, qui viennent former moise sur les deux étambots, avec lesquels ils sont chevillés et entaillés.

Les mailles des talons des couples reposant sur le sommier sont soigneusement remplies et calfatées, afin de donner un peu de solidité à un ensemble généralement faible et soumis à de fortes trépidations. Souvent on réduit la hauteur des talons des couples (*pl.* 18, *fig.* 134), en rehaussant le sommier par des remplissages analogues à ceux dont on a garni l'extrémité arrière de la quille. Quelquefois même, pour éviter des pièces courbes ou des oreillers (*pl.* 18, *fig.* 135), on fait monter les remplissages jusqu'au marsouin, et les deux branches du couple AA, complètement séparées, viennent se loger dans des entailles latérales réservées dans la pièce supérieure du massif. Les lattes extérieures viendront compléter la liaison assez peu énergique des deux moitiés de l'arrière.

Souvent enfin aujourd'hui on supprime tout remplissage (*pl.* 18, *fig.* 136), et on relève le sommier jusqu'à toucher le marsouin, en donnant à la cage une forme trapézoïdale. Sur les côtés du sommier viennent se placer les allonges de poupe, prolongées jusqu'à l'étambot avant, sur lequel on les cheville solidement. Sur ces allonges de poupe viennent reposer les pieds d'allonges de remplissage, qui ferment la muraille jusqu'au dernier couple dévoyé; l'une d'elles, occupant la position moyenne, a sa pièce inférieure courbe, et une de ses branches vient s'appuyer très solidement contre la face latérale de l'allonge de poupe. Ce système de boisage est connu sous le nom de *couple bifurqué;* il est économique et léger, et l'agrandissement de la cage, à sa partie supérieure, est parfaitement justifié en ce qu'il diminue les trépidations de la charpente, toujours ébranlée par l'hélice.

Suppression de l'étambot arrière. — Dans toutes ces dispositions, le gouvernail est fixé à l'étambot arrière, et sa mèche passe entre les deux allonges de poupe dans une jaumière. Avec les gouvernails compensés, si l'on voulait conserver cet étambot, il faudrait reporter la jaumière vers l'arrière et augmenter le porte-à-faux; de plus, le gouvernail serait exposé à de graves avaries, si un corps flottant venait s'engager entre son arête antérieure et l'étambot, et empêcher de le redresser. On est par suite amené à supprimer l'étambot porte-gouvernail, et à chercher à la fois à renforcer la charpente et à diminuer son poids; l'étambot arrière cependant ne doit contribuer que dans une faible mesure à la solidité de l'arrière, car le prolongement de la quille est assez mal disposé pour résister à un effort vertical et travailler par flexion.

La suppression de l'étambot arrière n'entraîne pas forcément la modification des formes de l'œuvre morte; on peut, en renforçant le sommier et en le prolongeant sur l'avant, en prolongeant

également les allonges de poupe, conserver un arrière elliptique. Souvent on a recours à un arrière pointu, moins développé et par suite plus léger, mais moins favorable au point de vue des qualités nautiques, de la manœuvre et des logements. Dans ce cas, le sommier est formé de deux pièces (*pl.* 19, *fig.* 137-138-139) qui se touchent dans le plan diamétral, sur lesquelles viennent reposer les talons des couples, qui ont un acculement exceptionnel; chacune de ces pièces embrasse l'étambot, et se prolonge sur la surface de la membrure, en formant bordé, de manière à se cheviller à quelques couples. Le tube de jaumière traverse le sommier ou fourcat, comme le tube de l'arbre de l'hélice traverse l'étambot, et l'échantillon du sommier doit être réglé en conséquence. Quelquefois le sommier est relié à l'étambot par une courbe verticale UV, qui est chevillée entre ses deux branches, et porte sur la face arrière de l'étambot. Quelquefois aussi on met un taquet en bronze, destiné à assurer l'invariabilité de l'angle du sommier et de l'étambot.

Arrières à puits. — Pendant longtemps, en France, on a considéré comme utile de pouvoir relever l'hélice pendant la marche à la voile; aujourd'hui encore, en Angleterre, on tient à se réserver cette faculté sur les croiseurs. Il faut pour cela percer l'arrière d'un canal vertical, montant jusqu'aux gaillards, et ayant une section supérieure à la projection horizontale de l'hélice; ce puits produit dans la charpente une solution de continuité d'autant plus fâcheuse, qu'elle se trouve à un endroit en porte-à-faux, et exposé à des secousses et trépidations violentes. On réduit cet inconvénient par l'emploi de l'hélice Mangin, qui nécessite un puits moins large.

Le sommier ne peut plus exister; il est remplacé (*pl.* 19, *fig.* 140-141) par les allonges de poupe, que l'on cheville le mieux qu'on peut avec les étambots; on est obligé, pour leur donner l'écartement nécessaire, de placer entre elles et les étambots des remplissages, qui nuisent à la solidité du chevillage.

L'étambot avant est réuni comme à l'ordinaire par une courbe au marsouin central; deux marsouins latéraux doublent les allonges de poupe et les rattachent au reste de la charpente. Les étambots portent les guides du châssis de relevage, et doivent par suite être prolongés jusqu'aux gaillards; on en profite pour les cheviller aux barrots à chaque pont. Malgré toutes ces précautions, ces arrières ne présentent jamais la même solidité que ceux qui portent des hélices fixes.

Soufflages des étambots. — Il est toujours indispensable de revêtir les faces des étambots, dans la cage de l'hélice, de soufflages ogivaux (*pl.* 19, *fig.* 142), destinés à réduire dans une très forte proportion les résistances à la marche, que des surfaces planes ne manqueraient pas de produire. Il est nécessaire de tenir compte de l'existence de ces soufflages dans le tracé de la cage, dont la longueur se trouve réduite d'une quantité qui n'est pas négligeable.

Arrières à hélices jumelles. — Dans les bâtiments à hélices jumelles, les tubes rencontrent les murailles sous une telle obliquité, que plusieurs allonges sont coupées (*pl.* 20, *fig* 143); on a soin de rapporter à l'intérieur, dans cette partie, des massifs en bois, destinés non seulement à réunir les deux parties des membres coupés, mais encore à fournir l'enveloppe du tube et l'emplacement vertical, où doit se trouver le presse-étoupes. Extérieurement le tube, coupé obliquement, vient aboutir au ras de la surface du bordé, afin de ne pas altérer les formes du bâtiment; l'étanche est fait par les moyens ordinaires, au moyen du calfatage et de la rivure sur une collerette.

Armatures de l'arrière. — Les liaisons des étambots et de la quille ont une telle importance, les fatigues que leur imposent les efforts de l'hélice et du gouvernail sont si grandes, qu'on ne se contente pas d'avoir recours au chevillage, et que l'on y ajoute des armatures placées de chaque bord, et reliant les deux étambots à la quille et à la membrure.

Dans le cas de deux étambots, les dispositions représentées (*pl.* 19, *fig.* 144) sont les plus usitées pour la partie inférieure; les deux armatures ont des pattes portant sur la quille et les deux étambots, quelquefois une patte oblique venant se cheviller à la membrure. Une nervure horizontale résiste aux efforts de flexion, que l'action de l'eau sur le gouvernail fait éprouver à la quille. Quelquefois aussi les deux armatures sont réunies à l'arrière pour former le fémelot inférieur.

Souvent on supprime le bout de la quille (*pl.* 20, *fig.* 145); l'étambot arrière est fixé dans un logement ménagé à la partie arrière de l'armature, qui seule le soutient. On peut ainsi augmenter la hauteur de la cage et le diamètre de l'hélice. Il convient, quand on le peut, de relever l'extrémité arrière de l'armature, afin d'éviter que le premier choc d'un échouage ne se produise sur l'étambot porte-gouvernail.

Quand l'étambot arrière est supprimé (*pl.* 20, *fig.* 146), le gouvernail, supporté à la tête, est guidé à son pied par un tourillon, qui traverse l'armature; le prolongement de la quille est toujours supprimé en ce cas.

Le sommier est généralement relié à l'étambot avant par une armature analogue aux précédentes, mais moins développée et sans nervure.

Les armatures se font en bronze; l'épaisseur qu'on leur donne, variable avec les dimensions des navires, va de 15 à 30 millimètres. On doit étudier leurs formes, de manière à produire le moins possible de résistance à la marche et, toutes les fois qu'on le pourra sans trop affaiblir le bordé, les y entailler de tout ou partie de leur épaisseur. Elles doivent être exactement appliquées sur la surface, et leur chevillage, très sujet à donner des voies d'eau, fait avec le plus grand soin. Quand cela est possible, on les réunit par des chevilles rivées sur chacune d'elles et traversant les pièces de bois interposées; dans le cas contraire on les cheville isolément, et on rive à l'intérieur de la membrure.

CHAPITRE VIII.

TRAVAIL DES COUPLES. — ÉQUERRAGES.

Préparation des membres. — Immédiatement après le tracé à la salle, on confectionne pour toutes les pièces des *gabarits*, ou patrons, en planches de bois du Nord de 2 centimètres environ d'épaisseur. Suivant la courbure plus ou moins accentuée, on constitue le gabarit d'une ou de deux planches clouées ensemble. On commence par abattre à la hache le contour approché AC'B (*pl.* 20, *fig.* 147), analogue à celui ACB, qu'on veut reproduire; puis on reporte suivant des directions parallèles la distance maxima CC', comprise entre le contour du couple et celui du gabarit; on joint à la latte les points ainsi obtenus, et on obtient le contour A'C'B', identique à ACB.

On marque sur les gabarits les traces des lignes d'eau (*pl.* 21, *fig.* 148), celles des lisses, que l'on repère par des signes conventionnels; on marque également le numéro de la pièce, la désignation du couple; la juxtaposition de tous les gabarits de chaque plan doit donner la reproduction du contour du couple.

On a vu, dans le chapitre III, de quelle manière on obtient une interpolation graphique donnant les échantillons de mètre en mètre pour chaque couple, en tenant compte des réductions d'échantillons, que permet le contour moins étendu des couples des extrémités. Les gabarits reçoivent de mètre en mètre l'indication des échantillons sur le tour, qui doivent toujours être portés suivant la normale commune aux surfaces intérieure et extérieure.

Quelquefois, pour faire une économie de travail et de bois, on ne fait les gabarits que pour l'un des plans (*pl.* 21, *fig.* 149), et on ajoute une rallonge, AB, A'B', allant jusqu'à l'extrémité de la pièce suivante dans le plan opposé.

Règles d'ouverture. — La forme des couples ne serait pas suffisamment déterminée par les gabarits; il suffirait que leurs extrémités ne fussent pas exactement mises en contact, pour qu'une déformation, croissante de la base du couple au sommet, vînt en altérer l'ensemble. On remédie à cet inconvénient en relevant les ouvertures des couples aux différentes lisses à double courbure; on les marque sur de longues règles en bois, appelées *règles d'ouverture*, dont la section carrée doit être assez forte, pour que leur flexion sous leur poids ne fausse pas sensiblement les mesures. Chaque arête sert pour deux lisses, ce qui permet de faire porter par une même règle les ouvertures de huit lisses, et de réduire le nombre de ces règles et les dépenses qu'elles entraînent. Des règles semblables sont préparées pour les couples dévoyés; elles donnent l'ouverture du couple prise, non suivant son double plan de gabariage, mais en ligne droite.

Travail des pièces des couples droits. — Généralement, aujourd'hui, les pièces sont

débitées sur le droit à la scie mécanique. On commence par établir le plan de gabariage (*pl.* 20, *fig.* 150), en dégauchissant deux règles MN, PQ, placées aux extrémités de la pièce, dans le voisinage de la position présumée convenable, puis en projetant sur la pièce le plan défini par les deux règles et un cordeau *rs* tendu entre elles. Ce travail, fait sur les faces courbes interne et externe de la pièce, donne l'intersection du plan et de la pièce ; un plan parallèle (*pl.* 20, *fig.* 151), mené à distance égale à l'échantillon sur le droit *mn* porté normalement, donne le trait *n* que doit suivre la lame de scie, ou la limite du bois que la hache doit respecter, si le débit se fait à bras. Une fois la pièce débitée sur le droit, on trace dans le plan de gabariage le contour du gabarit de la pièce, puis les intersections de ce plan avec les lisses et lignes d'eau, prises sur le gabarit.

Équerrages des couples droits. — Il faut alors exécuter la surface hors membres; vu la faible épaisseur d'un couple, on peut admettre que dans son étendue cette surface est réglée, que ses intersections avec les plans des lisses et des lignes d'eau sont des lignes droites. Il suffit dès lors de relever les angles α_0, α_1, β_0, β_1, γ_0, γ_1 ... (*pl.* 20, *fig.* 152), faits à la rencontre du plan de gabariage par les tangentes aux lignes d'eau 1H, 2H, ... aux lisses à double courbure, et aux lisses planes 1LP, 2LP, ... avec leurs traces dans le plan de gabariage ; ces angles ou *équerrages*, compris pour les lignes d'eau entre deux droites horizontales, se projettent horizontalement sans altération. Quant aux lisses, leur rabattement se faisant autour d'un axe perpendiculaire au plan du couple, l'équerrage se mesure en vraie grandeur sur l'horizontal. Les plans des lisses et des lignes d'eau étant normaux au plan de gabariage, la position de l'élément rectiligne de la surface extérieure sera ainsi déterminée. Les équerrages relevés sur le plan horizontal pour un même couple sont portés sur une planchette (*pl.* 20, *fig.* 153), qui accompagne les gabarits pour l'exécution du couple.

Muni du gabarit, dont il reporte les indications sur la face supérieure de la pièce, l'ouvrier ouvre une fausse équerre (*pl.* 21, *fig.* 154), à l'angle *bmd'*, relevé sur la planchette, et met le côté *bm* en coïncidence avec la trace de la lisse ou de la ligne d'eau correspondante ; puis relevant au compas la distance *cd*, comprise entre le point *c* du contour du gabarit et le prolongement du côté *md'* de l'équerre, il vient le porter parallèlement en *c'd'* ; la ligne *cc'* est une génératrice de la surface.

Pour exécuter la surface extérieure, il suffit dès lors (*pl.* 21, *fig.* 155) de faire des entailles à la hache, de profondeur telle que la fausse équerre, ouverte à l'équerrage voulu, puisse s'y loger sans laisser de vide, son sommet se trouvant placé au point convenable du contour du gabarit, et son autre arête appliquée sur le plan de gabariage. Quand une lisse et une ligne d'eau viennent se rencontrer sur la surface d'un couple, les deux lignes de la surface extérieure, obtenues par la méthode précédente, doivent avoir un point commun, qui fournit une vérification.

La surface extérieure étant travaillée, on porte (*pl.* 21, *fig.* 156), à partir de règles placées extérieurement, une longueur normale *ab* égale à l'échantillon sur le tour, puis sur le plan inférieur une distance *c'b'*, égale à *cb* mesuré dans le plan de gabariage. Abattant ensuite le bois placé en dehors de la ligne *bb'*, on obtient d'une manière approximative la surface intérieure.

Travail à la scie. — L'usage général des arsenaux est actuellement de débiter à la scie, tant sur le droit que sur le tour, les pièces de membrure ; l'emploi de la scie à chantourner réduit le travail et les déchets, mais ne dispense pas des opérations que nous venons d'indiquer, les formes qu'elle donne aux pièces débitées n'ayant jamais la précision nécessaire, pour qu'on ne soit pas obligé de réserver un gras de 2 à 3 centimètres, destiné à être enlevé à l'herminette ; les variations d'équerrage de la scie Normand sont loin d'être parfaitement continues, et l'ouvrier chargé de la guider ne suit jamais rigoureusement le tracé du gabariage. En outre, quelle que soit la perfection de l'outil et la précision de sa conduite, les pièces, une fois débitées, se déforment toujours ; il est

facile de concevoir que si l'ensemble, formé par le cœur de l'arbre et ses deux dosses, est en équilibre avant le sciage, il s'exerce entre eux des actions réciproques, qui, n'étant plus contrebalancées, une fois la séparation faite, doivent entraîner des déformations. Quoi qu'il en soit, le travail à la scie est d'un grand secours, en ce qu'il rend des déchets encore en partie utilisables et d'une valeur bien supérieure à celle des copeaux que donne la hache ; il évite en outre le transport sur le chantier du cube très considérable des déchets.

Assemblage des couples. — Tout le travail que nous venons d'indiquer est fait pour les pièces du premier plan ; on les assemble sur un chantier (*pl.* 21, *fig.* 157), composé de quelques traverses mises dans le même plan. On vérifie l'exactitude du contour du couple au moyen des règles d'ouverture, des gabarits et de longueurs rayonnantes AB, AC, AD, AE, prises entre la varangue et divers points du contour, ou bien au moyen d'ordonnées, mC, nD, pE, portées à partir d'une ligne arbitraire appelée *ligne des flèches*, ou enfin au moyen des demi-ouvertures MN, RS, TU des lisses planes. On superpose aux pièces du premier plan les pièces du second, dégrossies à la scie, en interposant, s'il existe de petites mailles, des cales de hauteur convenable entre les deux plans. On achève les surfaces à la hache et à l'herminette, en prolongeant les surfaces réglées du premier plan.

Les extrémités des pièces, qui doivent être en contact, sont ajustées au moyen d'un trait de harpon passé entre elles. Les deux plans ont été assujettis au moyen de cordages serrés par des coins, ou de pièces de bois appelées *manelles* ou *bridolles* (*pl.* 21, *fig.* 158). On perce immédiatement les trous des goujons, puis, retournant les pièces du second plan, on alèse concentriquement tous les logements des tampons. On réunit alors les deux plans avec les tampons, on les cheville définitivement, soit en totalité, soit par parties, et on les empile dans le voisinage du chantier, en attendant le moment de la levée.

Couples dévoyés. — Nous avons vu plus haut que des considérations d'économie de bois et de solidité ont conduit à abandonner, vers l'extrémité arrière des navires, les couples plans et carrés pour des couples composés de deux branches également inclinées sur le diamétral. Il n'existe pas de règles fixes pour la distribution des couples dévoyés ; généralement on fait coïncider la position de leur pied avec celle des couples droits qu'ils remplacent. Quant à leur obliquité ou *dévoiement*, on le fixe de manière à ne pas donner trop de maille à la partie supérieure de l'œuvre morte, et à soutenir convenablement les bordages de l'arrière. Au cas où les formes des navires ou d'autres considérations s'y opposeraient, on intercalerait quelques allonges simples, dont les pieds viendraient tomber sur le couple dévoyé le plus voisin.

Le travail des pièces de ces couples ne diffère du travail des précédents, que parce que leur plan, n'étant plus perpendiculaire au diamétral, n'est plus perpendiculaire à celui des lisses planes. En ce qui concerne la préparation et l'emploi des gabarits, le relevé et l'emploi des équerrages suivant les lignes d'eau et les lisses au carré, les opérations sont identiques à celles des couples droits.

Méthode de l'angle plan. — L'équerrage suivant les lisses obliques se mesure sur le plan horizontal entre le contour rabattu de la lisse et le rabattement de l'intersection du plan de la lisse et de celui du couple. Pour s'en servir, il faut en outre connaître la position du plan de la lisse par rapport à celui du couple, c'est-à-dire l'angle plan qui mesure l'angle dièdre, compris entre ces deux plans.

Pour obtenir cet angle, on élève (*pl.* 22, *fig.* 159-160) une perpendiculaire au plan de la

lisse L, dont la projection verticale A'λ' est perpendiculaire à la trace de la lisse A'L, et la projection horizontale Aλ perpendiculaire à l'axe longitudinal XX, le plan de la lisse étant perpendiculaire au plan vertical ; on élève une perpendiculaire au plan du couple, dont la projection verticale A'α' est horizontale, et la projection horizontale Aα est perpendiculaire à la trace du couple AD, ce dernier étant vertical. On prend sur la perpendiculaire au plan de la lisse un point, dont les deux projections λ et λ' sont à la même distance λ'M=λA des axes, et on abaisse de λ une perpendiculaire λα sur la normale au couple. On fait alors le rabattement autour de Aα du triangle rectangle λAα ainsi formé ; la normale au couple Aα étant horizontale, la perpendiculaire, qui lui a été menée dans l'espace, se projette horizontalement suivant une perpendiculaire λα à sa projection, et coïncide avec son rabattement. On trouve d'autre part en vraie grandeur sur le vertical l'hypoténuse A'λ' suivant la normale à la lisse, et il suffira de décrire du pied du couple un arc de cercle, avec la longueur A'λ' pour rayon, jusqu'à la rencontre de la droite λα prolongée, pour déterminer le triangle rabattu BAα, dont l'angle en A est l'angle plan β cherché.

Généralement, pour simplifier le tracé, on profite de ce que l'angle λ'A'α' est égal à LA'Y, et λAα à DAX. On porte donc $A'_1\alpha'_1$ (*pl.* 22, *fig.* 161-162) sur l'axe vertical, $A_1\lambda_1$ sur la trace du couple, égaux et arbitraires ; on élève les perpendiculaires $\alpha'_1\lambda'_1$ à l'axe vertical, $\alpha_1\lambda$ à l'axe horizontal, enfin, de A_1 comme centre avec $A'_1\lambda'_1$ comme rayon, on construit l'hypoténuse du triangle $A_1\alpha_1B$, dont l'angle en A_1 est l'angle cherché β.

On peut aussi, ce qui est généralement moins commode (*pl.* 22, *fig.* 163-164), faire le rabattement sur le plan vertical ; on prend le point λ λ' sur la normale au plan du couple ; du point λ' on abaisse une perpendiculaire sur la normale à la lisse, dont la droite λ'α', perpendiculaire à A'α', est à la fois la projection et le rabattement, et on complète le triangle par l'hypoténuse, dont la longueur A'B' est égale à Aλ.

L'angle plan une fois obtenu, on s'en sert de la manière suivante (*pl.* 22, *fig.* 165) : on ouvre deux fausses équerres, l'une à l'angle plan, l'autre à l'angle d'équerrage ; on place la première *rst* normale au plan de gabariage et à la trace de la lisse sur ce plan ; on place la seconde *jkl* une branche suivant la trace de la lisse, et on la fait tourner jusqu'à ce qu'on dégauchisse les deux branches des équerres *kl* et *st*, qui ne sont pas dans le plan de gabariage. On amène donc l'arête de la seconde équerre suivant la direction convenable ; mais comme on ne peut la faire pénétrer à l'intérieur de la pièce, on se contente de déterminer une parallèle à la génératrice cherchée et le point de cette génératrice situé sur la face inférieure, en portant au compas (*pl.* 21, *fig.* 154) la longueur *c'd'* égale à *cd*, distance mesurée perpendiculairement à la branche de l'équerre.

Méthode de l'angle de dévoiement. — Au lieu de déterminer la position du plan de la lisse par l'angle dièdre qu'elle fait avec le plan de gabariage, on peut la déterminer au moyen de l'angle de deux droites, prises arbitrairement dans le plan de la lisse et celui du couple ; ces deux droites sont choisies horizontales, et leur angle se mesure en projection horizontale (*pl.* 22, *fig.* 166) entre la trace du couple AC, qui est la projection de toutes ses horizontales, et l'axe longitudinal CX, qui est forcément parallèle aux horizontales de la lisse ; cet angle α s'appelle *angle de dévoiement*. Sur le plan de gabariage, dressé sur la pièce de bois (*pl.* 22, *fig.* 167), on trace l'intersection de la lisse OL et une horizontale OH passant au même point ; puis on place une fausse équerre ouverte à l'angle de dévoiement ACX, une branche sur OH, son plan normal au plan de gabariage ; sa branche OB représentera donc l'intersection de la lisse et du plan horizontal auxiliaire. On place une seconde équerre ouverte à l'équerrage pris suivant la lisse, une branche suivant OL ; puis on fait tourner l'autre jusqu'à ce qu'elle se dégauchisse avec OB ; on fixe ainsi la position de la droite OC,

qui est située dans le plan de la lisse LOB, et qui fait avec sa trace OL l'angle d'équerrage donné. On achève le travail de la pièce comme dans le cas précédent.

Ces deux méthodes ont l'inconvénient d'exiger de l'ouvrier une assez grande habileté; celle de l'angle plan peut conduire à des erreurs graves, si on porte l'angle dièdre du côté occupé par son supplément; aussi sont-elles généralement remplacées par la méthode de l'équerrage normal, qui exige, il est vrai, des tracés à la salle assez minutieux, mais qui ne permet pas d'erreurs au chantier. D'ailleurs la construction en fer, qui exige l'adoption de cette méthode, a contribué, plus que tout autre motif, à la répandre.

Méthode de l'équerrage normal. — Si l'on projette l'une des arêtes avant ou arrière d'un couple dévoyé sur le plan de gabariage, et qu'on rabatte sur le vertical l'ensemble des deux contours (*pl.* 22, *fig.* 168), si l'on suppose mené un plan perpendiculaire aux arêtes du couple, ce plan les coupera aux points a de l'arête G, située dans le plan de gabariage, et B de l'arête G′, située en dehors de ce plan. Le point B, dont b est la projection, en est séparé par une distance égale à l'échantillon sur le droit Bb du couple; en rabattant le triangle Bab, dont on connaît les côtés ab, Bb et l'angle droit, on obtient le rabattement Ba de l'intersection du plan normal et de la surface extérieure, et par suite l'angle d'équerrage cherché Bab.

La question est donc ramenée à projeter l'arête avant du couple sur le plan de gabariage, et à rabattre simultanément (*pl.* 22, *fig.* 169-170) les deux contours. Aγ étant le rabattement de l'intersection du gabariage du couple C et de la lisse LL′, obtenu par la méthode indiquée dans le chapitre III, $A_1\gamma_1$, mené parallèlement par la rencontre du plan parallèle A_1C_1 et du longitudinal, sera le rabattement de l'intersection de ce second plan et de la lisse. Si A′γ' est l'intersection du plan de gabariage et de la lisse rabattue sur le plan vertical, l'intersection du plan avant du couple se rabattra dans une direction parallèle; le point où elle rencontre le longitudinal est à la même hauteur que A′, et sur la droite d'intersection du plan C_1 et du longitudinal, qui se rabattra à une distance $A'P' = AP$, obtenue en abaissant de A_1 la perpendiculaire A_1P sur AC; ce sera donc la droite $P'\gamma'_1$, sur laquelle il suffira de porter $P'k' = A_1k_1$, pour avoir un point du rabattement du contour cherché.

Les points de ce contour appartenant aux lignes d'eau et aux lisses au carré s'obtiendront facilement. Après avoir construit (*pl.* 22, *fig.* 171) les points tels que q' du rabattement, situés sur une ligne d'eau HH′, il suffira de projeter les points de rencontre p du plan avant en p_1, et de porter $q'p'_1 = qp_1$, pour obtenir un des points cherchés.

La méthode de l'équerrage normal peut être appliquée aux couples droits comme aux couples dévoyés, et est d'un usage général dans la construction en fer. Pour les couples droits, les deux contours nécessaires se présentent naturellement en vraie grandeur sur le vertical.

Confection et assemblage des couples dévoyés. — Les couples dévoyés étant situés aux extrémités du navire, leur acculement oblige à les constituer de deux branches séparées, réunies par des oreillers, qui épousent leur angle de dévoiement; ces oreillers (*pl.* 23, *fig.* 172) sont placés tantôt à l'intérieur, tantôt à l'extérieur de l'angle; il est préférable, pour la commodité du montage, de les placer à la face avant. Dans les couples droits, on prend la disposition inverse pour avoir les équerrages de la varangue en gras; pour les couples dévoyés, on fait souvent deux gabarits, l'un pour la face avant, l'autre pour la face arrière, et cette raison ne subsiste plus. Chaque branche est travaillée séparément, et assemblée à terre, comme une moitié de couple droit; le talon est tronçonné suivant l'angle de dévoiement. Les oreillers sont préparés à part et réunis aux bran-

ches pour le montage ; pour l'exécuter (*pl.* 23, *fig.* 173) on fait coïncider les extrémités des demi-varangues, et on fait reposer le couple sur le sol par trois points de son contour, ainsi que sur les extrémités d'accores ou de billots, pour éviter sa déformation sous son poids. On vérifie alors son angle de dévoiement au moyen d'un gabarit relevé à la salle, la forme plane de chaque branche au moyen de cordeaux et son contour au moyen des gabarits ; enfin les ouvertures en divers points au moyen de règles d'ouvertures. Ce n'est qu'alors qu'on cheville les oreillers aux demi-varangues, qui jusque-là ont été tenues en contact par des tours de cordages serrés ou des manelles.

Les chevilles, qui ne restent pas toujours normales au plan de gabariage, afin de ne pas percer les surfaces extérieure ou intérieure de la membrure, traversent obliquement des tampons (*pl.* 23, *fig.* 172), dont les axes sont parallèles au longitudinal dans la région des oreillers ; s'ils ne l'étaient pas, l'assemblage des deux plans du couple ne serait pas possible. S'il existe une petite maille, et qu'on ne puisse mettre des tampons de diamètre suffisant, on les remplacera par une clef interposée au passage de la cheville entre les deux plans du couple.

Planches d'ouverture. — Pour assurer la courbure des couples contre les déformations que leur mise en place pourrait produire, on les consolide, une fois assemblés, avec des bordages transversaux, appelés *planches d'ouverture,* qui maintiennent l'écartement des deux branches. Ces planches, prises dans des bois résineux de Suède, sont disposées horizontalement (*pl.* 23, *fig.* 174) ; elles sont tenues sur le couple par deux clous, en même temps que le couple est garni de deux taquets, qui soutiennent les extrémités de la planche. Elles sont au nombre de deux ou trois, quelquefois quatre, suivant la grandeur des bâtiments ; souvent on met autant de planches qu'il y a de ponts plus un.

Leur hauteur doit être fixée de manière à ne pas gêner pour la mise en place des barrots et des pièces longitudinales, bauquières et sous-bauquières, c'est-à-dire à 1^{m},20 ou 1^{m},50 en contre-bas de la ligne droite des barrots ; on les place par files horizontales, de manière qu'en faisant reposer sur elles quelques planches, on puisse les transformer en pont de service, jusqu'au moment où, le barrotage étant mis en place et fixé à demeure, on pourra les enlever.

L'épaisseur des planches d'ouverture varie de 6 à 12 centimètres, suivant la dimension des bâtiments ; si la largeur est grande, on peut les composer de deux pièces assemblées, avec un croisement du tiers de leur longueur.

Les planches d'ouverture des couples dévoyés ne pouvant être en contact avec leurs faces de gabariage, on y pratique des entailles (*pl.* 23, *fig.* 175), qui reçoivent l'arête du couple, sur laquelle elles s'appuient, et on complète l'assemblage avec des taquets.

Lorsque la maille n'est pas assez grande pour permettre d'y faire passer les planches d'ouverture à la manière ordinaire, on les arrête à l'intérieur des membres, et on les fixe par de petites équerres en fer et des vis.

Couples plusieurs fois dévoyés. — Le boisage d'un couple plusieurs fois dévoyé se fait d'une manière analogue à celui du couple dévoyé ; on a soin de ne pas placer d'about sur l'angle, et de laisser à l'allonge qui le croise (*pl.* 23, *fig.* 176) toute l'épaisseur qu'elle peut fournir. La confection des allonges d'angle offre seule quelques particularités. On a préparé à la salle (*pl.* 23, *fig.* 177) deux gabarits M et N donnant la courbure de chacune des branches de la pièce d'angle, et un gabarit P de l'angle plan, que fait le second dévoiement avec le premier. Aux extrémités des gabarits M et N on cloue des voyants de 80 centimètres à 1 mètre, qui, mis en contact, assureront avec plus de précision la position relative des deux gabarits, qu'un léger bâillement d'un ou de deux millimètres de leur ligne de contact pourrait, si elle était courte, facilement altérer.

Ayant choisi la pièce convenable pour l'exécution, on la met en chantier (*pl.* 23, *fig.* 178), les bouts en bas; on dresse un plan sur l'une des branches, et on y établit en position convenable le gabarit M, et l'intersection *mn* des deux plans de gabariage. On taille alors un gabarit ABC, supplément de l'angle des deux dévoiements, et le plaçant normalement à *mn*, on détermine la position à donner à la seconde partie du gabariage, dans laquelle doit être porté le gabarit N, et on la dresse à la manière ordinaire, au moyen d'un cordeau AS tendu dans le plan A*mn*, dont on projette les points sur la surface. Il ne reste plus qu'à achever la pièce au moyen des équerrages et des échantillons, ce qui se fait comme pour un couple ordinaire.

Couples cylindriques. — Quand le couple est cylindrique, les allonges n'ont plus de surface plane, qui puisse servir de base pour la taille de leurs arêtes; on est obligé d'avoir recours à un plan extérieur fictif, qui remplit le même office, et que l'on peut, suivant le cas, soit tailler en réalité aux dépens de la pièce brute, soit, si elle ne suffit pas, constituer au moyen de gabarits.

Si *mm' nn'* est l'allonge à construire (*pl.* 23, *fig.* 179), rencontrée par les lignes d'eau 1H, 2H et 3H, on trace un plan auxiliaire *pq*, que l'on considère comme le gabariage d'un couple dévoyé plan; on cherche le rabattement sur le vertical de son intersection avec la surface hors membres, on en taille le gabarit et on relève les équerrages α_1, α_2, α_3. On place le gabarit sur la pièce choisie (*pl.* 23, *fig.* 180), en dressant une face ABCD; puis, au moyen des équerrages α_1, α_2, α_3, on taille la surface extérieure de l'allonge, prolongée jusqu'au plan auxiliaire. Sur les génératrices de la surface, dirigées dans le plan des lignes d'eau, on porte les longueurs $d_1d'_1$, $d_2d'_2$, $d_3d'_3$, et on détermine ainsi une arête de la pièce. Si l'on relève ensuite sur l'horizontal les équerrages β_1, β_2, β_3, on a les angles faits dans le plan des lignes d'eau par la surface hors membres, déjà taillée, et la surface cylindrique; ces données suffiront pour donner la face latérale de la pièce; on la complétera en déterminant des surfaces parallèles, séparées des premières de distances égales aux échantillons sur le droit et sur le tour. Si la pièce ne fournissait pas l'excédent de bois compris entre le plan auxiliaire et la surface cylindrique, on taillerait un petit élément de ce plan MNPQ dans la pièce (*pl.* 24, *fig.* 181), on lui superposerait le gabarit G du rabattement du plan auxiliaire, et l'on partirait de la face fictive ainsi obtenue, pour exécuter les constructions que nous venons d'indiquer.

On remarquera que, dans cette méthode, on considère comme rectiligne la portion des lignes d'eau comprise entre le plan auxiliaire et la seconde surface cylindrique qui limite la pièce; on a donc une moindre exactitude, que si on prenait le plan auxiliaire à l'intérieur de la pièce (*pl.* 23, *fig.* 179), en *rs*, par exemple. On peut employer cette méthode plus précise, que nous décrirons à propos d'autres pièces à double courbure, appartenant au bordé extérieur et appelées *pièces de tour*.

Le travail d'assemblage des couples cylindriques exige plus de précision que celui des couples dévoyés, parce qu'on ne rencontre plus d'arêtes saillantes servant de repères, et il importe que les pièces soient taillées très exactement de longueur, sans quoi la forme serait modifiée; il sera toujours nécessaire de la vérifier au moyen du gabarit de développement, que l'on appliquera sur la surface de gabariage.

Les couples cylindriques, intéressants au point de vue du problème de géométrie qu'ils présentent, ne sont pas à recommander dans la pratique, et le plus souvent le couple deux fois dévoyé suffira à tous les besoins.

CHAPITRE IX.

LEVÉE DES COUPLES. — BALANCEMENT.

Levée des couples. — Les couples, une fois terminés, ont été assemblés les uns sur les autres, par piles de quatre ou cinq, afin de ménager l'espace; on a eu soin de les disposer dans chaque pile de manière à les trouver dans l'ordre de leur levée, et à éviter des manœuvrages inutiles, toujours fort coûteux, et souvent dangereux, vu le poids des couples. La hauteur des piles doit être modérée, sans quoi la pose des pièces et leur assemblage deviendraient trop pénibles; quelquefois on constitue sur la cale même une plate-forme en bois de déchet, sur laquelle on assemble une partie des couples à côté de la position qu'ils doivent occuper; quelquefois même cette plate-forme est au niveau de la quille, et on monte les couples à cheval sur elle, de sorte que leur levée se réduit à un simple pivotement autour de leur talon. Il n'y a pas de règle à donner pour ces dispositions; on doit être guidé par des nécessités locales, variables d'un chantier à l'autre.

Les couples sont levés soit d'une seule pièce, soit, si l'on veut réduire le nombre d'hommes employés à la manœuvre, par quartiers. Dans ce dernier cas, on a soin, dans l'assemblage du couple, de ne pas mettre en place les chevilles de jonction des quartiers, tout en plaçant les tampons et en perçant les trous. Suivant la dimension, on divisera le couple en trois ou cinq quartiers, l'un d'eux comprenant toujours les fonds du bâtiment, c'est-à-dire les quartiers de varangue et les genoux, les autres tout ou moitié de chaque branche du couple. Le quartier inférieur étant établi à sa position, on met en place les suivants, que l'on fixe provisoirement au moyen de manelles et de tours de cordages serrés par des coins, et définitivement par des chevilles; on cloue enfin les planches d'ouverture soigneusement repérées à l'avance.

L'ordre dans lequel on lève les couples a peu d'importance; on commence généralement par les couples de l'arrière; mais si cette partie était peu avancée, on pourrait, pour gagner du temps et dégager le chantier, commencer à un couple quelconque convenablement accoré sur l'arrière. Seulement, quand on monte les couples par quartiers, il faut que le montage d'un couple et le chevillage des quartiers supérieurs précèdent le montage des quartiers correspondants du suivant, sans quoi la largeur de la maille ne permettrait pas la mise en place des chevilles.

Le choix du mode de levée dépend des bras ou des moyens mécaniques dont on dispose. Dans la levée d'ensemble, les couples fatiguent plus, et ont une tendance à la dislocation; dans la levée par quartiers, chaque quartier travaille peu; mais la mise en place des chevilles à une grande hauteur, et sans échafaudage, n'est pas commode, et on n'a pas la certitude de conserver la forme exacte des couples, que l'on rectifiera d'ailleurs ensuite; en revanche, le faible poids des quartiers permet de les espacer à quelque distance de la cale, à proximité de laquelle on peut facilement les



traîner; on évite ainsi l'empilage des couples et les manœuvres difficiles qu'il entraîne. Il est utile de clouer à l'intérieur des couples des taquets formant gradins, qui permettront aux ouvriers, soutenus par une chaise, d'aller cheviller les empatures et mettre en place les planches d'ouverture, sans risque de chute.

Appareil de levée. — L'appareil de levée, que l'on doit pouvoir conduire d'un bout à l'autre du bâtiment, se compose de deux mâts verticaux ou *mâts de charge* (*pl.* 24, *fig.* 182), placés de chaque côté de la quille, maintenus en tête par des étais attachés à des points fixes de la cale, reposant au pied sur une semelle *s* pouvant glisser sur le sol. Quelquefois on remplace les mâts par des *bigues* (*pl.* 24, *fig.* 183) composées de deux espars croisés, réunis par un amarrage à la *portugaise;* l'écartement de leurs pieds leur donne de la stabilité longitudinale, et exige des étais moins puissants.

Quel que soit le système, le capelage des mâts ou bigues porte un *palan de cravate a*, destiné à maintenir leurs têtes à distance convenable, et deux *caliornes* en 5 ou 6 brins *cc*, dont les garants font retour sur une poulie estropée à leur pied, et vont s'enrouler soit sur des cabestans, soit sur des treuils à vapeur; il porte en outre deux *cartahus tt*, destinés à lever des poids légers ou des hommes, quand il faut en envoyer dans les hauts avant l'établissement des échafaudages. Des taquets de tournage, fixés au pied des mâts, servent à tourner la cravate et les cartahus; des *bosses* amarrées sur la semelle servent à fixer les garants des caliornes, trop gros pour être tournés facilement sans mou.

La semelle *s*, destinée à répartir l'effort du mât sur une surface suffisante du sol plus ou moins résistant de la cale, est creusée de cavités hémisphériques recevant le pied des espars, et est munie de deux erseaux *uu*, dans lesquels on croche les palans destinés à la faire marcher de l'avant ou de l'arrière. Les deux caliornes de chaque mât sont fixées, l'une au-dessous de la planche d'ouverture supérieure, ce qui lui fait donner le nom de caliorne *de tête;* l'autre, ou caliorne *de pied*, à la hauteur de la planche d'ouverture inférieure; la jonction de la caliorne au couple se fait (*pl.* 24, *fig.* 184) au moyen d'une élingue double *e*, cordage sans fin, dont un bout, après avoir fait un tour sur le couple, traverse l'autre en formant nœud coulant; cette même extrémité vient passer dans une cosse estropée au cul de la poulie, et y est retenue par un cabillot, qui permet de l'en dégager facilement. Un *palan de retenue p* (*pl.* 24, *fig.* 183), amarré à un point fixe, retient le couple par son talon, et l'empêche, quand les caliornes le soulèvent, de glisser trop vite sur le sol à l'aplomb des mâts; deux cordages simples *bb*, appelés *bras*, fixés à la partie supérieure de chaque branche du couple, servent à l'orienter sur la quille. En embraquant simultanément les quatre caliornes, et en agissant plus vivement sur celles de tête, on fait pivoter le couple, et on le dresse vertical, tout en le contretenant avec le palan de retenue et les bras. On le place ainsi au-dessus de la quille, dans le plan des mâts de charge, qui doit se trouver à peu de distance du margouillet correspondant; on l'amène et on l'engage dans son entaille, on l'incline sur l'arrière, pour le mettre perpendiculaire à la quille. On le soutient alors provisoirement, au moyen de faux-accores, et on le débarrasse des caliornes, que l'on envoie élinguer sur un autre couple.

Avant de commencer l'opération suivante, on rectifie provisoirement la position du couple, en agissant sur les bras et les faux-accores; on s'assure qu'un fil à plomb, attaché au milieu de la planche d'ouverture la plus élevée, vient tomber sur l'axe de la quille; on a préparé des gardes en chêne, appelées *fleuriaux*, sur lesquelles sont tracées les positions de deux plans de gabariage consécutifs, et on les cloue d'un couple à l'autre sur des lignes correspondant à des lisses à double courbure; on modifie la position du couple, de manière que son gabariage soit en regard des repères marqués sur

les fleuriaux. De cette manière, en opérant rapidement, on accumule des erreurs, qui finiraient par être gênantes, si, de distance en distance, on ne rectifiait complètement la position d'un couple, par les procédés que nous indiquerons plus loin.

Quelquefois aussi on préfère mettre immédiatement en place les lisses, au fur et à mesure du montage, et rectifier les couples au moyen de repères tracés sur elles à la position des plans de gabariage. La mise en place des lisses permet, si les couples sont montés par quartiers, de ne pas les munir tous de planches d'ouverture.

Lisses planes. — La membrure, une fois montée sur la quille, est réunie au moyen de ceintures en bois appelées *lisses*, représentation matérielle des lisses planes et à double courbure, qui, dans le tracé à la salle, ont servi à définir les formes; on a donc dû, dès le début, se préoccuper de leur donner des positions et un espacement convenables. Une lisse au plat-bord, une à chaque pont, et des lisses planes, espacées de $1^m,70$ environ au couple milieu, suffiront.

Dans la partie centrale, où la courbure est faible, quelquefois même à l'avant, dans les bâtiments fins, les lisses pourront être constituées par de simples cabrions de sapin, que l'on appliquera par flexion plane sur la membrure (*pl.* 24, *fig.* 185), en faisant coïncider leur arête supérieure $a\,a'a''$ avec la trace du plan de la lisse $E''\,L''$, marquée sur les couples PQR. Dès que l'équerrage se prononce, le cabrion subit en même temps une torsion, qui pourrait le faire rompre, si on ne travaillait sa surface de placage suivant l'équerrage. Dans ce cas, il faut abattre un angle daf, $d'a'f'$, $d''a''f''$, égal à celui que fait le contour du couple avec la normale à la lisse, angle que l'on relève à l'équerre sur le vertical. Si on est conduit de cette manière à abattre un triangle entamant la lisse, et compromettant trop sa solidité, on équerre à demi suivant dag, $d'a'g'$, et on conserve à la lisse la moitié de la torsion qu'elle aurait sans équerrage. A la rencontre de la lisse et des couples dévoyés, on doit, bien entendu, diriger l'équerre dans le plan du couple, en se servant par suite de l'angle des deux plans, combiné avec l'équerrage, pris sur le rabattement du couple.

S'il n'était pas possible, aux extrémités ou dans des parties trop contournées, de continuer à employer des lisses fléchies et tordues, ou même équerrées, sans trop les affaiblir, on pourrait les tailler suivant le gabarit du rabattement horizontal de la lisse, et construire la surface d'application au moyen des équerrages des couples droits et dévoyés, par la méthode qui a servi pour le travail de la surface extérieure des couples cylindriques ; dans un cas comme dans l'autre, on a à construire une surface gauche en partant d'un plan auxiliaire, qui, ici, sera celui de la lisse. Une fois la face d'application construite, on travaillera à l'équerre carrée les surfaces supérieure et inférieure de la lisse, qui viendront continuer les surfaces analogues des lisses simplement tordues. Cette méthode, coûteuse comme déchet et comme main-d'œuvre, ne devra être employée qu'en cas de nécessité absolue.

Lisses au carré. — Les lisses à double courbure ne pourraient être amenées rigoureusement à leurs formes, que par les procédés coûteux employés pour les pièces de tour et les couples cylindriques. On se contente d'une méthode approchée, suffisante, grâce à leur faible tonture.

Pour cela on exécute le développement de la lisse (*pl.* 25, *fig.* 186) à partir du couple milieu, en portant les longueurs mn, mp ..., égales aux longueurs ab, ac ..., mesurées sur la projection longitudinale, et en portant à partir de ces points des demi-largeurs nb'_1, pc'_1, égales aux demi-largeurs primitives de la lisse, et réunissant les points ainsi obtenus par un trait continu.

C'est sur ce développement que l'on prend le gabarit de la lisse, si la courbure exige qu'elle soit gabariée ; les équerrages sont pris sur le vertical, et servent au travail comme pour les lisses



planes. La lisse est travaillée plane, et supporte, à la mise en place, une légère flexion dans le sens de la hauteur, qui ne modifie que très peu la forme de sa surface d'application.

Les différentes pièces, qui constituent une même lisse, sont réunies les unes aux autres par un écart long, traversé par de petits boulons. Leur fixation sur la membrure se fait provisoirement au moyen de bouts de filin ; une fois les opérations de rectification terminées, on les fixe définitivement, soit au moyen de clous, soit au moyen de tire-fonds à œil, ce qui facilite leur démontage, quand il devient nécessaire.

Accores. — Les accores définitifs viennent s'appuyer sur les lisses par une entaille à gueule (*pl.* 24, *fig.* 187), qui embrasse l'une des arêtes de la lisse, sur laquelle ils sont cloués. Leur pied est constitué et tenu comme celui des accores d'étrave ; une fois l'accorage complètement terminé, on remplace les coins par un taquet cloué à demeure, pour éviter tout déplacement. Le nombre d'accores (*pl.* 25, *fig.* 188) varie suivant la dimension des bâtiments ; il est de 4 par couple double pour un grand bâtiment, 3 ou même alternativement 2 et 3 pour un petit ; ils tombent tantôt sur une lisse de rang pair, tantôt sur une lisse de rang impair. Leur espacement doit être d'environ 3 mètres à $3^{m},50$ sur chaque lisse ; plus rapprochés, ils seraient gênants dans les mouvements d'échafaudages, et la mise en place du bordé. On prend, pour confectionner les accores, soit des forants de sapin, soit des poutres de pin de Suède, soit enfin des pièces de démolition, de vieux barrots de dimension convenable. Pour les longs accores de l'avant, on boulonne ensemble deux pièces, de manière à faire un bon croisement. Les pieds des accores reposent sur des soles, faites avec des croûtes de chêne, et destinées à reporter la pression sur une large surface du sol, généralement déformable, qui avoisine la cale ; ils viennent s'y reposer sous un angle d'environ 20 degrés.

Pour s'assurer si le bâtiment ne se déforme pas pendant la construction, il est bon de fixer de distance en distance, à sa membrure (*pl.* 25, *fig.* 189) des règles verticales A, qui viennent se présenter en face de règles parallèles B fixées au sol ; le déplacement relatif de deux traits, qui au début traversent les deux règles à la même hauteur, donne une mesure de la déformation.

La fixation de la membrure est complétée (*pl.* 25, *fig.* 190) par quelques arcs-boutants *a* allant sur l'arrière, et résistant à la tendance des couples au renversement ; quelquefois aussi des saisines en chaîne *bbb*, dirigées vers l'avant, jouent le même rôle.

Balancement et perpignage. — Une fois les lisses et les accores mis en place, on procède au balancement et au perpignage. Le balancement consiste à placer les axes des couples dans le plan diamétral ; pour l'exécuter, on tend un cordeau entre deux points de la trace du plan diamétral sur l'étrave et sur l'étambot ; si ceux-ci sont bien placés, le cordeau doit se trouver dans le diamétral, et on vérifie, avec le fil à plomb, si sa projection sur la quille coïncide avec l'axe de cette pièce.

On fixe ensuite, au milieu de la planche d'ouverture la plus élevée de chaque couple, un fil à plomb, qui doit venir toucher le cordeau longitudinal ; en outre tous doivent se dégauchir dans le même plan. S'il n'en est pas ainsi, on ramène les couples à la position convenable, en forçant les accores d'un bord, et mollissant ceux du bord opposé ; les couples, d'ailleurs, se contrôlent les uns par les autres.

Le perpignage consiste à placer le plan du couple perpendiculaire à la fois au plan diamétral et au dessus-quille. Pour le mettre perpendiculaire au dessus-quille, on applique le gabarit de pente (*pl.* 14, *fig.* 98) contre la planche d'ouverture la plus élevée, de manière que le fil à plomb prenne la direction *ac*, et, si la ligne *ab* ne coïncide pas avec le plan de gabariage, on fait marcher ses branches, dont les manelles ont été larguées, soit de l'avant, soit de l'arrière, en prenant appui



sur les couples voisins (1). Pour mettre le couple perpendiculaire au diamétral, on le fait tourner autour de son talon, jusqu'à ce que deux points pris symétriquement, à une même ligne d'eau, sur les deux branches, soient à même distance d'un point arbitraire choisi sur l'axe de la quille. Pour la partie supérieure, on opère de même à partir d'un point de la projection de l'axe de la quille, marqué sur une planche d'échafaudage placée sur les planches d'ouverture. On doit aussi vérifier que le gabariage est resté plan; pour cela (*pl.* 25, *fig.* 188) des cordeaux *ae*, *ad*, *fg*, tendus entre deux points pris dans ce plan, et se croisant, doivent se toucher et se dégauchir l'un par l'autre. On vérifie enfin la forme du couple au moyen de mesures rayonnantes *ab*, *ad*, *ae*, prises à la salle depuis le milieu de la varangue, jusqu'aux points d'intersection des lisses, et on corrige la forme, s'il y a lieu, en agissant, sur les accores. La manœuvre des accores doit toujours être faite avec ménagement, sans quoi on serait exposé, sur un petit bâtiment, à soulever la charpente encore fort légère, que constituent les couples et les lisses.

Couples de remplissage. — C'est à ce moment que, dans les anciennes constructions, se faisait la préparation des couples de remplissage, que l'on ne trouve plus aujourd'hui que sur les navires cuirassés à muraille pleine, où ils bouchent les mailles, qu'il convient de réserver pour la commodité du levage. On taillait ces couples suivant des gabarits et des équerrages relevés directement sur les lisses (*pl.* 25, *fig.* 191), dans le plan de gabariage, déduit de la position de ceux des couples voisins; on peut aussi se servir, en le retouchant légèrement, du gabarit du couple de levée le plus proche. La surface du couple n'est travaillée qu'au portage des lisses, et on laisse sur le reste un excès de bois, qui disparaîtra au parage; la surface intérieure est seulement dégrossie. Ces couples ne peuvent être chevillés qu'obliquement.

Tous les couples étant levés et réglés, l'accorage étant terminé, le bâtiment est dit *monté en bois tors*. On exécute alors quelques installations nécessitées par sa conservation et par les travaux qui suivront.

Si le bâtiment n'est pas construit sous une cale couverte, on procède à l'établissement de sa toiture (*pl.* 25, *fig.* 190), qui repose sur des pieds-droits *mm*, formés de poutres verticales enfoncées dans le sol, qui serviront en même temps de points d'appui pour les échafaudages. On ajoute généralement du côté du vent régnant, et quelquefois même de tous les côtés, des masques en planches, destinés à abriter le navire contre la pluie.

On installe en même temps les échafaudages extérieurs, au moyen de traverses fixées sur les pieds-droits, dont la disposition a été précédemment indiquée. On établit également le plan incliné et les échelles; à la partie inférieure on enlève quelques allonges pour former une porte *d*, par laquelle on introduit, sans travail inutile, les matériaux employés dans les fonds. Enfin on installe généralement un treuil à vapeur *e*, pour hisser à bord les matériaux.

(1) On opérerait d'une manière analogue, si les couples devaient être perpendiculaires à la flottaison en différence.

CHAPITRE X.

CHARPENTE DES PONTS.

Tracé des livets. — Les positions des ponts ont été déterminées lors du tracé à la salle, et on a marqué sur chaque couple un point du livet sur la surface hors membres. On pourrait, à la rigueur (*pl.* 26, *fig.* 192), se servir de ces points *a*, pour en déduire, en portant en contre-haut la petite portion de bouge *bc* correspondant à l'épaisseur de la membrure mesurée horizontalement, l'intersection de la surface supérieure des barrots avec l'intérieur des membres. Mais les opérations de balancement et de perpignage ont pu modifier la position de ces points, et on risquerait fort d'obtenir une surface irrégulière. On attache d'ailleurs une grande importance à la bonne exécution des ponts, tant au point de vue de la régularité de leur courbure, qui flatte l'œil, que de la facilité de l'écoulement des eaux, de la manœuvre de l'artillerie, de la hauteur de batterie, qui résultent de leur position. La direction des virures de préceintes, parallèles aux lignes de sabords, et par suite aux livets, joue de plus un grand rôle dans l'aspect extérieur du bâtiment, que l'on tient autant que possible à rendre gracieux. Dans l'architecture navale, comme dans toute autre, la recherche de l'élégance ne doit pas être négligée; c'est dans la forme des livets, la finesse des extrémités, l'inclinaison de la mâture, que résident principalement ces qualités presque indéfinissables, qui font qu'un navire plaît à l'œil et satisfait le goût, aujourd'hui surtout que les ornements sculptés sont complètement hors d'usage.

On reprend donc complètement le tracé d'un des livets, qui servira ensuite à construire les autres; il suffit, pour l'obtenir, de porter à chaque couple, et intérieurement, une hauteur au-dessus du fond de carène égale au creux correspondant augmenté de la fraction de bouge *bc*. On préfère établir d'abord un plan parallèle à la quille et perpendiculaire au longitudinal, à peu de distance au-dessous du point le plus bas du pont, et c'est de ce plan que l'on part, pour porter le complément de creux nécessaire.

Pour déterminer ce plan, on place à une même distance de la quille (*pl.* 26, *fig.* 193) trois grandes règles engagées chacune dans des coulisses portées sur un couple; des coins permettent de les faire monter ou descendre à volonté de petites quantités. On établit ces règles perpendiculaires au diamétral et par suite horizontales, soit au moyen du niveau de charpentier, soit en creusant dans leur can supérieur une engougure longitudinale, fermée à ses extrémités, qui ne reste pleine d'eau que si la règle est horizontale. Une fois ces trois règles établies dans le même plan parallèle à la quille, on tend à chaque couple un cordeau, que l'on dégauchit avec elles, et on obtient l'intersection de chacun d'eux par le plan auxiliaire.

Il suffit alors de porter verticalement (*pl.* 26, *fig.* 194), à partir des cordeaux mn, $m'n'$, $m''n''$,

tendus dans le plan de gabariage de chaque couple, au moyen de règles graduées *ab*, *a'b'*, *a''b''*, la différence entre le creux et la hauteur arbitraire du plan, pour avoir la ligne droite, et de porter au-dessus la fraction de bouge *bc* (*pl.* 26, *fig.* 192), pour avoir l'intersection du pont et de l'intérieur membres.

Pour les couples dévoyés, le gabariage n'étant pas perpendiculaire au dessus-quille, on a recours à une méthode un peu différente. On établit le premier plan *cd* (*pl.* 26, *fig.* 195), puis à 2 ou 3 mètres au-dessus, un second plan parallèle *ab;* on tend dans les deux plans des cordeaux correspondant à la division des couples droits. On place alors une règle tangente à deux cordeaux superposés, et on en projette les points sur la muraille, dont on obtient ainsi les intersections *ee'*, *ff* par des plans de gabariage fictifs, suivant lesquels on porte les creux, comme on l'a fait pour les couples droits.

Dans la partie extrême des bâtiments à arrière rond ou elliptique, la grande inclinaison des murailles donne une certaine indécision. Le livet se trace mécaniquement (*pl.* 26, *fig.* 196), en présentant à leurs positions les gabarits M, M' de deux barrots voisins, et en promenant sur leur bord supérieur, parallèlement au longitudinal, une règle AB, dont on tient l'extrémité arrière en contact avec la membrure. Quoique la ligne milieu ne soit pas absolument rectiligne, l'erreur faite par l'emploi de ce procédé est insignifiante.

Il est bon, comme on l'a fait lors du tracé à la salle, de vérifier si la courbure du milieu du pont est satisfaisante; il suffit pour cela de tendre, de distance en distance, des cordeaux suivant la ligne droite, et de fixer sur la planche d'ouverture un voyant, dont le bord supérieur soit distant du cordeau, du bouge correspondant. En clouant sur les voyants une latte de couleur vive, on apprécie, plus exactement que par le tracé déjà fait, la régularité de la courbure; quelquefois aussi, on commence par représenter matériellement la ligne milieu, et on en déduit le livet par une construction inverse. La ligne milieu est généralement une ligne courbe, dont la concavité est tournée vers le haut; quelquefois cependant des considérations particulières : facilité de manœuvre de l'artillerie, réduction de la hauteur du blindage aux extrémités, dégagement du tir plongeant d'une pièce de chasse ou de retraite, nécessité de surélever un pont pour laisser l'espace nécessaire à l'établissement de la barre par-dessous, peuvent conduire à la rendre rectiligne, ou même, dans certaines parties, à tourner sa convexité vers le haut.

Dans toutes ces constructions, il ne faut pas oublier que le creux se compte à partir du fond de carène, ou trait inférieur de râblure, jusqu'à la ligne droite.

Hauteur d'entrepont. — Les constructions qui précèdent sont exécutées pour le pont principal; les autres ponts en sont déduits, en portant verticalement les hauteurs de ligne droite en ligne droite. Ces distances doivent être calculées pour obtenir, entre le dessus du bordé de chaque pont et le dessous des barrots du pont immédiatement supérieur, une hauteur verticale appelée *hauteur d'entrepont*, suffisante pour que le service s'y effectue facilement. Ces hauteurs étaient très réduites dans l'ancienne flotte à voiles, où on cherchait à accumuler dans les hauts une très nombreuse artillerie, sans trop développer l'œuvre morte et diminuer la stabilité. Elle variait de $1^m,71$ à $1^m,78$ dans les batteries, descendait à $1^m,40$ et même $1^m,32$ dans les faux-ponts des corvettes et des bricks, ce qui y rendait l'habitation intolérable. Les conditions dans lesquelles on se place actuellement sont bien différentes; la recherche d'une hygiène mieux entendue a été favorisée par la réduction du nombre des étages de feux et du développement de la mâture; les minima de $1^m,72$ pour les faux-ponts, $1^m,80$ pour les batteries, admis il y a une vingtaine d'années, sont la plupart du temps largement dépassés sur les grands navires; les canons actuels nécessitent plus

de hauteur que ceux de l'ancienne flotte; et un grand nombre de nos transports,qui font le plus souvent un service de personnel et de matériel, doivent pouvoir être en temps de guerre transformés en transports-écuries, et par suite avoir une batterie ayant au moins $2^m,25$ de hauteur d'entrepont.

Quand la muraille est droite (*pl.* 26, *fig.* 197), on déduit la hauteur d'entrepont *ab* de la distance de ligne droite en ligne droite B*c*, en retranchant de cette dernière l'épaisseur du bordé de pont *bc*, et l'échantillon sur le tour des barrots du pont placé au-dessus B*a*.

Si le navire a de la rentrée ou du dévers, et qu'on veuille obtenir une hauteur d'entrepont égale en tous les points, il n'est pas possible d'avoir des hauteurs de ligne droite en ligne droite constantes; il ne peut en être ainsi que là où la muraille est droite; dans les autres endroits, cette hauteur doit être augmentée ou diminuée de la portion de bouge correspondant à la différence de largeur des ponts superposés; elle est augmentée dans le cas de la rentrée (*pl.* 26, *fig.* 198) de la fraction de bouge *pp'*; elle est diminuée de la quantité *pp'* dans les parties qui ont du dévers (*pl.* 26, *fig.* 199), pour obtenir des hauteurs d'entrepont *a' b'*, *a''b''* égales à *ab*. Il est préférable, le plus souvent, de tenir constante la hauteur d'entrepont plutôt que la différence de hauteur des lignes droites.

Distribution des barrots. — Quoiqu'il puisse sembler désirable de répartir uniformément les barrots, le plus souvent il n'est pas possible de le faire. Un certain nombre d'entre eux, limitant les panneaux, les étambrais des mâts, ont des positions commandées; d'autres sont placés à petite distance les uns des autres, pour consolider les ponts aux points où la fatigue de l'artillerie se fera le plus fortement sentir. Dans les espaces intermédiaires, on les répartit à peu près régulièrement à des distances variables de 1 mètre à $1^m,50$. Sur les navires de commerce, où le nombre des panneaux est beaucoup moindre, et qui n'ont que rarement des poids importants sur les ponts, on peut atteindre plus de régularité. D'ailleurs, les barrots ne se fixant pas directement aux membres, leur position peut être quelconque, sans qu'il en résulte de difficultés pour leur attache. La distribution des barrots doit être étudiée, concurremment avec les emménagements, dès le début de la construction.

Les barrots sont placés à l'aplomb les uns des autres aux différents ponts, de façon que les petites épontilles puissent les soutenir directement en reposant sur le barrot inférieur; ceux du faux-pont font seuls exception, et sont placés sur les côtés des épontilles de cale, qui supportent les barrots de la batterie et reposent sur la carlingue. Sur les bâtiments sans batterie, on met de petites épontilles dans le faux-pont, dont les barrots sont par suite à l'aplomb de ceux des gaillards.

Bauquières. — Les barrots sont fixés à la muraille par deux pièces longitudinales (*pl.* 27, *fig.* 204), la *bauquière* sur laquelle ils reposent, et la *fourrure de gouttière*, qui en recouvre l'extrémité, et forme la pièce la plus extérieure du bordé du pont. Une entaille à queue d'aronde est pratiquée dans chacune de ces pièces; les barrots y pénètrent du tiers environ de leur hauteur, de sorte qu'ils ne peuvent sortir de ce double encastrement.

L'arête supérieure de la bauquière est parallèle au livet intérieur, et en est éloignée de l'échantillon sur le tour des baux, moins la hauteur de l'entaille. Elle a toujours de fortes dimensions, en raison du poids considérable qu'elle a à supporter, et en dessous d'elle, quand la présence de sabords ne s'y oppose pas, viennent se placer deux virures parallèles, d'échantillon plus faible, appelées *sous-bauquières*. Ces trois virures ont une section en forme de trapèze, de manière à passer graduellement, de l'échantillon de la bauquière à son can supérieur, à celui des autres virures de revêtement intérieur. Dans chaque virure, les pièces de bauquière et de sous-bauquière (*pl.* 26,

fig. 200) sont le plus souvent assemblées par des écarts longs, que l'on décroise avec ceux des préceintes et des fourrures de gouttière. Les différentes virures sont rendues solidaires soit par des clefs *bb*, que le desséchement rend bientôt inefficaces, soit plutôt par des chevilles verticales *aa*, qui les traversent toutes.

Au moment de leur mise en place, les bauquières et sous-bauquières sont tenues provisoirement par un clou ou une vis de faufilage de mètre en mètre; plus tard, elles seront fixées définitivement par les chevilles du bordé extérieur et des courbes de barrots.

Ceintures de faux-pont. — Sur les bâtiments ayant plusieurs ponts, on peut simplifier et réduire les bauquières du faux-pont, qui ont peu de poids à supporter, et sont sans importance comme liaisons longitudinales; on se borne, dans ce cas (*pl.* 26, *fig.* 201), à une ceinture rectangulaire sans entaille, sur laquelle reposent les barrots. Un dé, engagé de moitié dans chaque barrot, et une cheville verticale complètent l'assemblage; aux extrémités, le dévers de la muraille donne quelquefois assez de repos au barrot, pour qu'on puisse supprimer la ceinture. Les ceintures de faux-pont passent par-dessus le vaigrage, qui le plus souvent aujourd'hui est oblique.

Dans les navires qui n'ont pas de batterie, le faux-pont conserve son importance comme liaison, et on lui donne une véritable bauquière et des sous-bauquières, que l'on relie par un chevillage vertical. Pour cette raison, quoique le barrotage n'existe souvent pas dans le compartiment de la machine et des chaudières, on n'en conserve pas moins la ceinture du faux-pont dans cette partie.

Travail et mise en place des barrots. — Les barrots sont des pièces de grande longueur et de fort équarrissage, le plus souvent en chêne, souvent aussi en bois résineux; quand on n'en trouve pas de longueur suffisante, on les compose de deux (*pl.* 27, *fig.* 202), ou même de trois pièces (*pl.* 27, *fig.* 203) assemblées à écarts longs. L'écart est toujours pratiqué sur le droit, c'est-à-dire qu'il est compris entre les deux faces avant et arrière; dans les baux en deux pièces, sa longueur est égale au tiers de celle du bau. Dans les baux en trois pièces, la longueur de l'écart, comptée de chaque côté du plan diamétral, est égale au moins au quart de la longueur totale. Pour que les extrémités conservent une épaisseur suffisante, on exécute l'écart de manière que les faces latérales des deux portions de bau fassent l'une sur l'autre une saillie de 5 à 6 centimètres. Anciennement on employait des écarts à adents, disposés de manière à résister aux efforts de traction longitudinale; actuellement, ces assemblages compliqués sont hors d'usage et remplacés par des tampons cylindriques placés au passage des chevilles.

Les baux sont chevillés avec des goujons en fer, pourvus d'une forte tête d'un côté, et solidement rivés sur virole à l'extrémité opposée; on emploie plus avantageusement des boulons en fer zingué, qui permettent de resserrer l'assemblage, lorsque le retrait et la dessiccation du bois lui donnent du jeu.

Les baux des batteries ou des gaillards doivent, quand ils ont à supporter le poids et les réactions vives d'une forte artillerie, être faits en chêne, et même, aux points de fatigue, comme par le travers des mâts et des principales écoutilles, on doit autant que possible les exécuter d'une seule pièce. Pour les ponts moins pesamment chargés on peut employer les baux en pin; il en est de même pour le faux-pont. D'ailleurs la grande majorité des constructions actuelles de la marine de guerre ont un barrotage en fer, et ce n'est guère que pour réparer d'anciens navires que l'on aura à exécuter des barrots en bois.

Les baux sont coupés de longueur à l'avance et équerrés à leurs extrémités d'après les mesures prises à bord; il est nécessaire qu'ils soient soutenus vers leur milieu, sans quoi ils s'affaisseraient



sous leur propre poids, et tendraient à écarter les murailles au lieu de les maintenir. Une fois qu'ils sont assemblés avec les bauquières, et soutenus par de fausses épontilles, cet inconvénient n'est plus à redouter, et, au contraire, ils forment tirants tout aussi bien que les planches d'ouverture, que l'on peut alors enlever pour la plupart.

Lorsque les bâtiments ont de la rentrée, la mise en place des baux offre quelques difficultés : pour les présenter au-dessus de leur position, et les descendre verticalement dans les entailles de la bauquière, il faut leur imprimer une flexion assez prononcée, pour produire une réduction de longueur correspondant au rétrécissement de la muraille ; on les laisse ensuite revenir à leur courbure normale, lorsqu'ils reposent sur la bauquière ; mais ce procédé, d'un emploi peu commode d'ailleurs, ne permet pas de vérifier sur place les longueurs et les équerrages des baux, ni de les retoucher au besoin. Il vaut mieux, dans ce cas, démonter les bauquières, que l'on n'aura fixées qu'à faux frais, et amener les barrots à leur place par un mouvement ascensionnel ; on les maintient en position au moyen de manelles, puis on remet en place les bauquières au-dessous des baux, en les ajustant avec les queues d'aronde pratiquées à leur face inférieure.

Fourrures et virures de gouttière. — Sur l'extrémité des barrots repose une forte pièce de bois de chêne *m*, appelée fourrure de gouttière (*pl.* 27, *fig.* 204), dont une face s'applique contre les membres, et l'autre s'assemble avec les barrots par des entailles à queue d'aronde semblables à celles des bauquières ; à la suite, viennent se placer deux ou trois virures en chêne, assemblées généralement à queue d'aronde, appelées *virures de gouttière*. Des boulons horizontaux *r*, écroutés à l'intérieur, traversent les virures et fourrure de gouttière, la membrure et le bordé ; d'autres chevilles *p* relient la fourrure de gouttière à la muraille ; d'autres, enfin, verticales *q* traversent la fourrure de gouttière, le barrot, et vont jusqu'au-dessous des sous-bauquières.

La fourrure de gouttière, surtout dans les ponts supérieurs, est une liaison longitudinale importante, à laquelle il conviendrait de laisser tout son équarrissage, s'il n'était nécessaire d'avoir entre la fourrure de gouttière, la première virure de gouttière et la première virure de vaigrage, ou *vaigre bretonne,* des joints faciles à calfater, ce qui nécessite tout au moins que l'arête saillante *b* soit abattue, et remplacée par un arrondi. L'installation de l'artillerie exige souvent qu'on aille plus loin, qu'on abatte complètement l'angle par un pan coupé (*pl.* 27, *fig.* 205), qu'on le creuse suivant un arc de cercle (*pl.* 27, *fig.* 206), quelquefois même qu'on supprime le vaigrage et qu'on arrête la fourrure de gouttière au niveau du bordé (*pl.* 27, *fig.* 207).

Barrotins, traversins. — L'écartement des barrots est trop considérable pour que le bordé soit suffisamment soutenu dans l'intervalle ; des flexions locales détruiraient rapidement le calfatage. On place entre les barrots un réseau secondaire composé de diverses manières.

L'une des dispositions les plus anciennes (*pl.* 28, *fig.* 208) consiste à placer entre les barrots des *barrotins à talon aa,* qui reposent à leurs extrémités sur la bauquière, ou même s'y engagent dans une entaille ; leur face supérieure, entaillée avec la virure de gouttière, est de niveau avec celle des barrots ; leur échantillon diminue rapidement en allant vers l'axe, de manière à se réduire au tiers ou au quart de celui des barrots. Des files de pièces longitudinales appelées *traversins bb*, ayant pour hauteur le tiers ou le quart de celle des barrots, reposent sur deux barrots voisins dans des entailles de peu de profondeur ; leur face supérieure est au niveau du dessous des barrotins, qui sont ainsi soutenus en plusieurs points de leur longueur. Les traversins servent, en outre, à arc-bouter les barrots et à maintenir leur écartement invariable.

Entremises des panneaux, faux-baux. — Par le travers des panneaux, des étambrais où passent les mâts, certains barrots doivent être interrompus. L'ouverture pratiquée dans le pont

est limitée latéralement par une pièce analogue au traversin, appelée *entremise* ou *élongis c*, dont l'échantillon plus fort est proportionné à l'ouverture du panneau, et dont la face supérieure est de niveau avec celle des barrots. Des entailles à échelon, pratiquées dans les entremises, reçoivent les extrémités des barrotins, qui, quand la distance entre barrots est grande, sont remplacés par des *faux-baux dd*, d'un équarrissage plus fort, et qui ne sont pas supportés par des traversins. Du côté de la muraille, les faux-baux ont l'échantillon des barrots et sont entaillés comme eux ; à l'autre extrémité, ils ont le même échantillon sur le tour que l'entremise avec laquelle ils s'assemblent, ou un échantillon un peu inférieur; ils lui sont réunis par des équerres en fer et des chevilles, de manière à ne pouvoir sortir de leurs entailles.

Lattes et entremises-gouttières. — Les nombreux assemblages à queue d'aronde, nécessités par le système que nous venons d'indiquer, sont difficiles à exécuter avec précision et coûteux de main-d'œuvre ; la dessiccation du bois détruit d'ailleurs rapidement leur exactitude, et au bout de quelque temps, on ne peut plus guère compter que sur le chevillage pour relier les barrots à la muraille. On a, par suite, souvent eu recours à une autre disposition, dans laquelle on supprime les virures de gouttière, les barrotins et les traversins.

Les barrots (*pl.* 27, *fig.* 209-210) sont entaillés à queue d'aronde avec la fourrure de gouttière, les bauquières et une première file d'entremises *ee*, appelées *entremises-gouttières* et placées contre la fourrure de gouttière. Des chevilles horizontales traversent ces entremises et les relient à la muraille ; elles rasent le dessous de la fourrure de gouttière *c*, ce qui permet de démonter cette pièce, qu'il est souvent nécessaire de changer dans une refonte, sans toucher à la charpente du pont. D'autres files d'entremises *ff* sont placées de distance en distance entre barrots ; elles sont de même essence qu'eux, et ont pour échantillon le tiers ou le quart de celui des barrots. Entre les entremises, des files de lattes *aa* sont placées parallèlement aux barrots ; elles reposent à leurs extrémités dans des entailles à échelon, pratiquées dans les entremises. Les lattes sont disposées de manière à ne pas laisser un vide de plus de 60 centimètres ; elles sont en chêne ou en pin, suivant la charge que supportent les ponts.

La première virure de bordé (*pl.* 27, *fig.* 211) est toujours en chêne et ne s'entaille pas avec le barrot ; mais souvent, pour donner plus d'appui au calfatage très important de son joint avec la fourrure de gouttière, on brise ce joint, ou même on creuse dans la fourrure de gouttière une véritable râblure.

Ce système, plus simple que le précédent, a été longtemps employé ; mais il offre peu de garanties de solidité, et surtout d'étanchéité, tout reposant sur le contact exact des extrémités des entremises-gouttières avec leurs entailles dans les barrots.

Virures de gouttières et lattes. — Aussi emploie-t-on souvent un système mixte, dans lequel on conserve l'attache des barrots par les virures de gouttière entaillées avec eux. Entre les barrots se placent des files d'entremises, qui reçoivent elles-mêmes des lattes ; la dernière latte en abord porte un talon semblable à celui des barrotins, et vient reposer sur les bauquières.

Dans bien des cas d'ailleurs, on arrive à répartir les barrots à des distances à peu près uniformes et à supprimer par suite les lattes, qui affaiblissent les entremises ; celles-ci, dont on conserve une file de chaque bord, ne jouent plus que le rôle d'arcs-boutants pour maintenir l'écartement des barrots. On obtient ainsi une simplicité beaucoup plus grande dans la construction des ponts ; c'est d'ailleurs ce que l'on fait toujours pour le faux-pont, qui est moins chargé que ceux des batteries.

Parage des ponts. — Dès que l'on a mis en place les baux, barrotins, entremises et lattes,



on vérifie le bouge des barrots, et on s'assure, en appliquant sur leur surface supérieure des lattes flexibles ou de forts cordeaux, que la courbure du pont est continue; on rectifie, au moyen des fausses épontilles, les bouges. On fait disparaître à l'herminette toutes les bosses, de manière à avoir une surface absolument régulière, sur laquelle les bordages pourront s'appliquer exactement; on met alors en place la fourrure de gouttière et les virures de gouttière.

Bordé des ponts. — Dans les anciennes constructions, on plaçait deux doubles virures d'hiloire en chêne, d'échantillon égal à celui des gouttières, au bord des panneaux; elles étaient assemblées avec les barrots par des entailles droites. Deux autres virures d'hiloire étaient placées à mi-distance entre les premières et les gouttières, et les traversins occupaient le milieu de l'intervalle compris entre les hiloires. Ces virures renforcées ne sont plus employées aujourd'hui.

Les ponts sont recouverts de bordages rectilignes (*pl.* 28, *fig.* 212), parallèles à l'axe du navire; on les fait ranger à leur place par flexion, ce qui ne présente jamais de difficultés, vu leur faible courbure; la ou les virures de gouttière suivent seules le contour de la muraille, et reçoivent dans des entailles en échelons les aboutissements des autres bordages.

Autrefois, pour déterminer la direction des bordages de pont, on partageait le maître bau en divisions égales à la largeur maxima des bordages; on portait sur les autres barrots le même nombre de divisions égales entre elles, mais de plus en plus étroites, à mesure que l'on se rapprochait des extrémités et surtout de l'avant. Les bordages, parallèles à l'axe et de largeur uniforme dans la partie centrale du navire, suivaient en abord le contour curviligne de la muraille, en recevant des largeurs variables; vers l'avant, les virures venaient converger en se rétrécissant beaucoup, et il était nécessaire de réunir plusieurs virures en une seule. Le travail était assez compliqué, sans qu'il en résultât aucun avantage; aussi aujourd'hui ce système est-il complètement abandonné.

La largeur des bordages varie suivant leur épaisseur; il faut leur donner une assiette suffisante, ce qui exige que la largeur soit d'au moins une fois et demie l'épaisseur. D'autre part, un large bordé, avantageux au point de vue de la réduction du nombre de points d'attache, est peu satisfaisant pour l'œil; l'excès de largeur est en outre nuisible au point de vue de la tenue du calfatage, qui, au fur et à mesure que les bordages se contractent ou se dilatent sous l'influence de la sécheresse ou de l'humidité, doit compenser leurs variations de largeur, pour maintenir le pont étanche. Pour que cet effet puisse se produire, il faut donc que le calfatage occupe une fraction suffisante de la largeur du pont, et par suite que le nombre des joints ne soit pas trop restreint. Aussi ne dépasse-t-on que rarement une largeur de 16 à 18 centimètres.

Le bordé de pont ne se fait en chêne que dans les parties exposées à des frottements énergiques, au portage des chaînes, sous les canons montés sur affûts marins. Dans tout le reste, on le fait en pin, soit en pin de Dantzick et de Russie, soit en yellow pine de l'Amérique du Nord. On recherche le bois de fil droit, modérément résineux, et offrant peu de nœuds; ceux-ci peuvent se détacher, ou en tout cas s'user moins que les parties avoisinantes du bordé, ce qui lui donne un aspect irrégulier. C'est surtout pour le pont des gaillards et les batteries, que l'on tient à l'élégance du bordé; pour le faux-pont, on peut être moins difficile. On doit éviter les bois susceptibles de se fendre sous forme d'éclats, qui peuvent blesser les pieds des hommes de l'équipage, appelés souvent à circuler sans chaussures, et les bois trop résineux, qui deviennent glissants.

Depuis quelques années, l'emploi du teak pour les bordés de pont, et surtout pour les gaillards, s'est beaucoup répandu dans les navires de commerce. Malgré son prix élevé, on trouve à l'usage de ce bois des avantages sérieux : malgré les alternatives de sécheresse et d'humidité, auxquelles le pont des gaillards est si violemment exposé dans les climats intertropicaux, il ne

joue jamais, a peu de retrait, et conserve bien par suite le calfatage. L'imperfection du calfatage des gaillards, qui constituent en quelque sorte la toiture du navire, rend rapidement inhabitables les logements qu'ils recouvrent, et peut nuire beaucoup à la conservation de la coque.

Les bordages nous arrivent tout débités, ou sont pris dans des bois reçus en poutres carrées à l'anglaise (yellow pine), ou en poutres à huit pans, dites *à la hollandaise* (Dantzick). Les uns et les autres doivent être amenés à leurs dimensions définitives, en ayant soin de les purger complètement d'aubier; le débit doit se faire de manière à placer le cœur sur la surface extérieure d'un ou plusieurs bordages. C'est le côté du cœur qu'il convient d'appliquer sur les barrots, parce qu'il présente souvent des fentes, qui, de ce côté, sont sans inconvénient, et qui, du côté opposé, s'ouvriraient de plus en plus et pourraient faire voie d'eau. Il faut mettre, sans hésiter, de côté les bordages présentant des roulures trop prononcées, très fréquentes dans le yellow pine, qui peuvent donner un passage oblique à l'eau depuis un écart jusqu'à la face inférieure.

On laisse toujours aux bordages, que l'on rabote sur les trois faces inférieure et latérales, un surcroît d'épaisseur de 1 centimètre, la face supérieure restant brute. Il est bon de les débiter quelques mois avant de les mettre en place, de les laisser sécher, et de ne raboter la face inférieure et les faces de joint qu'au moment de la mise en place. Vers la fin de la construction, quand on n'a plus à craindre les dégradations causées par la circulation des ouvriers et le transport des matériaux, on fait un parage exact des ponts. Il est même bon de réserver jusqu'à la fin de la construction quelques virures, qu'on ne mettra en place qu'en dernier lieu, pour compenser le retrait des voisines, et éviter des joints trop larges. On remplace provisoirement ces virures par des taquets cloués de distance en distance sur les barrots, pour maintenir les virures déjà mises en place.

Écarts du bordé. — Les extrémités des bordages sont coupées carrément et viennent se rencontrer sur l'axe d'un barrot; on étudie leur distribution de manière qu'elles ne se retrouvent que toutes les quatre ou cinq virures. Les bordages qui viennent aboutir sur les virures de gouttière sont taillés obliquement, en abattant l'angle vif de leur extrémité; comme elle tombe le plus souvent entre les barrots, il faut, pour éviter qu'elle ne soit en porte-à-faux, ajouter entre les barrots des entremises partout où cela est nécessaire. On peut aussi, si la virure de gouttière a une surépaisseur notable (*pl.* 28, *fig.* 213), l'entailler de manière à donner un repos *abc*, *cde* au bout du bordage, et à soutenir le calfatage.

Tenue du bordé. — Les bordages sont fixés (*pl.* 29, *fig.* 214) par deux clous en fer zingué sur chaque barrot, un sur chaque barrotin, une vis à bois placée en dessous sur chaque latte; les clous sont disposés en quinconce pour éviter de fendre les bordages; pour la même raison, la dimension transversale la plus grande, du côté de la pointe, est dirigée perpendiculairement aux fibres du bois, qu'elle tranche au lieu de les disjoindre. Pour éviter que l'usure du bordé ne mette en saillie les têtes des clous, on alèse le logement de ceux-ci, et on y engage un tampon en bois, tourné et garni de céruse, qui le remplit très exactement, grâce à une fabrication mécanique et peu coûteuse.

On a essayé également l'emploi de gournables ou chevilles en bois, que l'on enfonçait à bout perdu dans les barrots, en garnissant leur pointe d'un coin, qui les forçait, une fois rendues à fond. L'emploi des gournables n'a pas donné de bons résultats et a été abandonné.

Panneaux du faux-pont. — Dans certaines parties du faux-pont, et le plus souvent dans toute la plate-forme de la cale, il n'est pas possible de placer de bordé fixe; il en est ainsi, par



exemple, au-dessus de la cale à eau, remplie, quelquefois jusqu'à barroter, de caisses, dont il faut rendre les trous d'homme, placés à la partie supérieure, facilement accessibles. Dans ce cas, on emploie des panneaux formés de bordages cloués sur des gardes, qui reposent dans des feuillures pratiquées dans les barrots et les entremises; des crochets fixés par dessous les retiennent en place. Ces panneaux peuvent être enlevés et nettoyés plus complètement que les bordages, ce qui est avantageux pour la plate-forme, difficile à tenir propre.

Panneaux d'écoutille. — L'encadrement des panneaux et écoutilles est formé par les barrots et les élongis (*pl.* 28, *fig.* 215); il faut y joindre un rebord appelé *surbau*, destiné à empêcher les eaux, qui circulent sur les ponts, de tomber aux étages inférieurs. Le surbau repose directement sur les barrots et les élongis; il sert d'arrêt aux bordages, et pour faciliter le calfatage du joint, on donne à la base du surbau une surépaisseur, raccordée à la partie supérieure par un arrondi. Les surbaux sont fixés sur les barrots et les élongis au moyen de boulons verticaux, dont les écrous sont placés en dessous. Aux angles (*pl.* 28, *fig.* 216), les deux pièces du surbau s'assemblent à mi-bois, et la liaison est consolidée par une équerre extérieure en fer.

Le bord supérieur des surbaux porte une feuillure intérieure, appelée à recevoir, suivant la destination du panneau, soit un caillebotis, sorte de grillage en bois, soit des panneaux pleins. On ménage en outre souvent à l'extérieur une gorge destinée à recevoir des panneaux à tabatière, pour empêcher l'invasion de l'eau en cas de très mauvais temps.

Quand les panneaux à caillebotis ont une assez grande longueur de l'avant à l'arrière, on les sépare par une *galiote* (*pl.* 29, *fig.* 217), sorte de petit barrot mobile, qui s'encastre dans deux mortaises ménagées à la partie supérieure des surbaux, et qui porte la continuation de leur feuillure.

Certains panneaux, destinés à servir de passage pour l'air et la lumière, reçoivent des claire-voies (*pl.* 29, *fig.* 218 à 221), constructions vitrées, dont la partie supérieure ou les côtés verticaux peuvent être maintenus ouverts. Le dessus est toujours protégé contre les objets qui pourraient tomber de la mâture par un grillage en fer ou en cuivre.

Les hauteurs des surbaux d'écoutilles, qui, dans l'ancienne flotte, ne dépassaient pas 25 centimètres, ont dû être considérablement augmentées depuis que les navires, plus fins de l'avant, plus ras sur l'eau, ont été plus exposés à avoir leurs ponts envahis par les coups de mer. Il n'est pas rare de trouver, malgré la gêne qui en résulte, des surbaux de 40 centimètres et quelquefois davantage. Sur les navires de commerce (*pl.* 29, *fig.* 222-223), on garnit même souvent les panneaux d'un capot en menuiserie ou en tôle.

Étambrais. — Le passage des mâts dans les ponts doit être préparé de manière à leur fournir un encastrement solide, et à boucher tout passage à l'eau, qui pénétrerait dans les entreponts inférieurs, et qui, en coulant le long des mâts, les altérerait rapidement. On forme un massif (*pl.* 30, *fig.* 224) au moyen de deux élongis et de deux coussins, qui limitent un vide de forme elliptique ayant pour petit diamètre celui du mât, augmenté de l'épaisseur des coins qui le maintiennent. Le diamètre longitudinal est un peu plus grand, pour parer aux variations d'inclinaison, que la recherche de l'utilisation la meilleure de la voilure peut conduire à donner au mât.

Les élongis et les coussins sont assemblés à joint brisé, pour ne pas avoir de pointes trop faibles. Les coins sont soutenus par dessous par une collerette en bois, fixée par des vis sous le massif; ils sont recouverts par une braie en cuir, qui s'oppose au passage de l'eau.

Points fixes, bittes, bittes de remorque, bittons. — En divers endroits des ponts,

doivent être établis des points fixes, destinés à résister, soit à des efforts horizontaux, comme les bittes, les bittes de remorque, soit à des efforts verticaux, comme les bittons de pied de mât, les boucles, etc.... Pour les premiers, on se contente d'établir entre barrots des entremises, qui arcboutent plusieurs barrots les uns par les autres et constituent un massif d'une certaine longueur. Pour les bittes de mouillage (*pl.* 30, *fig.* 225), le massif dépasse le pont, en formant un fort taquet, qui s'oppose à leur arrachement. Les bittes de remorque (*pl.* 30, *fig.* 226), soumises à des efforts moins puissants, sont simplement chevillées sur les entremises. Enfin, pour les bittons de pied de mât (*pl.* 30, *fig.* 227), on leur fait traverser le massif dans une mortaise à queue d'aronde, de manière que l'effort vertical des manœuvres ne les arrache pas.

Les boucles et les taquets de tournage sont, soit placés directement sur des barrots, soit, s'il n'y a pas de barrot au point choisi, sur une entremise établie à la position convenable.

CHAPITRE XI.

COURBAGE. — ÉPONTILLAGE.

Nécessité du courbage des ponts. — L'assemblage des barrots avec la muraille, quel que soit le système adopté, virures de gouttière, entremises-gouttières, système mixte, serait à lui seul incapable de résister aux efforts d'arrachement que subit le barrot ; encore bien plus insuffisant vis-à-vis des efforts de flexion.

Pour s'en convaincre, il faut se rendre compte des effets du roulis ; lorsqu'un navire s'incline, toute la partie supérieure de la muraille, sous le vent, tend à tomber, et s'écarte plus ou moins du plan diamétral ; tandis que la muraille opposée, dépassant de même sa position normale, se rapproche au contraire de ce plan ; par suite, les angles que les baux font avec ces deux murailles éprouvent des variations inverses : ceux du côté sous le vent diminuent, tandis que ceux du côté du vent augmentent. Ces déformations angulaires changent de sens à chaque coup de roulis, et, par leur alternance incessante, fatiguent le chevillage des ponts, et l'arrachent, de même qu'en faisant jouer alternativement dans les deux sens un panneau de menuiserie, on le sépare d'une paroi fixe, à laquelle il est cloué perpendiculairement.

Pour remédier à cet inconvénient, on a fait à l'origine usage de courbes en bois (*pl.* 30; *fig.* 228-229), placées dans chaque batterie et à chaque barrot ; l'une des branches était chevillée sur le côté du bau, et l'autre, appliquée sur la muraille, était fixée par de fortes chevilles, qui traversaient les revêtements extérieurs. Les deux branches de ces courbes avaient des longueurs à peu près égales ; la branche verticale descendait jusqu'au can supérieur de la vaigre bretonne, ou mordait d'une petite quantité sur cette virure ; la face supérieure de la branche horizontale prolongeait celle du bau, et l'on pratiquait, sur elle, comme sur le bau, les entailles des virures et des fourrures de gouttière ; lorsqu'on employait des entremises-gouttières, elles étaient ajustées d'un côté sur la face d'un bau, et de l'autre sur celle d'une courbe.

Les courbes en bois ont été d'un emploi général tant que les approvisionnements l'ont permis ; elles résistaient efficacement aux déformations angulaires ; elles étaient faciles à rattacher à la muraille, et leurs dimensions, déduites d'une longue expérience, se trouvaient en rapport à la fois avec celles des baux et avec celles de la membrure ; enfin, leur mode de tenue était analogue à celui des autres parties du navire, en sorte qu'elles se fondaient parfaitement dans l'ensemble de la construction, sans altérer en rien son homogénéité.

Malgré leurs avantages incontestables, on ne se bornait pas dans les anciennes constructions aux liaisons fournies par les courbes en bois, alors fort abondantes ; on ajoutait d'autres courbes en fer, placées dans les batteries par-dessus les baux et le bordé, entre les postes à canons ; la

branche verticale *ab* de ces courbes était chevillée à travers la muraille, comme celle des courbes en bois, et la branche horizontale *ac* était fixée par des chevilles verticales, rivées sous la face inférieure du bau.

Taquets à armatures. — La rareté toujours croissante des bois de construction s'est fait rapidement sentir, les courbes naturelles sont devenues de plus en plus rares, et il a fallu recourir à d'autres modes d'attache. Après un grand nombre de tentatives infructueuses, on est arrivé au système des taquets en bois avec armatures en fer. Ce système (*pl.* 31, *fig.* 230-231) consiste en un fort taquet en bois T, ajusté à sa partie supérieure contre la face inférieure du bau, et latéralement contre la muraille; le taquet a l'échantillon sur le droit du bau, dont il prolonge les faces; sur les côtés du bau et du taquet sont placées deux armatures en fer, dont les branches *mn*, *mp* sont réunies par une entretoise *rs*. Les armatures sont reliées deux à deux par des chevilles, qui traversent le barrot ou le taquet; chacune d'elles porte une oreille saillante *f* appliquée contre la muraille, que traverse une forte cheville rivée ou boulonnée sur les grandes préceintes. Le taquet est réuni à la charpente par des chevilles chassées par l'extérieur et rivées à l'intérieur; il établit la liaison des armatures avec la muraille, tandis que celles-ci le relient au barrot, et, grâce à leur rigidité considérable, s'opposent aux déformations angulaires beaucoup plus efficacement que les courbes en bois.

Armatures sans entretoises. — On a également employé des armatures de taquets, dans lesquelles le côté vertical est supprimé. Dans ce système (*pl.* 31, *fig.* 232), l'entretoise est renforcée, et sa jonction avec la branche horizontale est consolidée par de larges congés; de plus, elle présente à sa partie inférieure une seconde oreille appliquée contre la muraille, et traversée par une forte cheville rivée sur le bordé extérieur. Ces armatures relient le barrot plus directement à la muraille, indépendamment du chevillage des taquets.

Courbes en fer sous les baux. — Les taquets à armatures, placés tout d'abord sous les barrots des batteries basses, donnèrent d'excellents résultats, et ne tardèrent pas à devenir d'un emploi général dans les faux-ponts; bientôt même on chercha à en placer dans les batteries, en conservant leur disposition générale, tout en réduisant leur encombrement. Mais, dans les batteries, le placement des taquets présente quelques inconvénients: leur position, commandée par celle des baux, est souvent trop rapprochée des sabords, et peut gêner les pointages obliques; ils deviennent même totalement inapplicables à un barrot placé en entier, ou seulement en partie, au-dessus d'un sabord. Pour ces derniers, on était obligé de revenir aux courbes en bois, avec lesquelles on tournait ces difficultés, en les reportant soit sur la face avant, soit sur la face arrière du barrot, ou en obliquant la branche verticale.

Dans l'impossibilité de remplacer d'une façon courante les courbes en bois des batteries par des taquets, on a été naturellement conduit à essayer l'emploi de courbes en fer (*pl.* 31, *fig.* 233) dont la branche verticale était chevillée à la muraille, et dont la branche horizontale, placée sous le barrot, lui était fixée par des chevilles verticales.

L'emploi de ce genre de courbes ne s'est pas généralisé en France; leur collet trop faible était sujet à des ruptures fréquentes, qui produisaient une déliaison rapide du navire, et on n'a pas tardé à y renoncer.

Courbes anglaises. — Dans la marine anglaise, on a continué l'emploi de ces courbes. Quelquefois (*pl.* 31, *fig.* 234), elles présentent à la naissance de la branche horizontale une fourche, dont les deux branches embrassent les barrots, et sont traversées par des boulons qui les réunis-



sent. Le plus souvent (*pl.* 32, *fig.* 235), on se borne à les munir de deux oreilles, d'où partent des chevilles qui traversent la bauquière, l'une sur la partie plate, l'autre sur le chanfrein, et vont se river sur les préceintes. Sur les bâtiments de commerce, ce système de courbes est généralement employé ; d'après les règles du Veritas, leurs dimensions deviennent considérables, la branche verticale atteignant jusqu'à $1^{m},63$ de long, et les transformant en de véritables porques, surtout par le travers des mâts et du grand panneau ; aux extrémités du navire, on les place toujours obliquement pour leur donner une action plus efficace. Enfin, tous les barrots d'après le Veritas, ceux des étambrais seulement d'après le Lloyd, sont fixés à la muraille par deux courbes horizontales.

Courbes réglementaires. — Dans les arsenaux français on est arrivé, tout en conservant les taquets à armatures sous la batterie, à employer pour les ponts supérieurs des courbes (*pl.* 31, *fig.* 236-237) composées d'une branche plate, appliquée sur le vaigrage, et d'une seconde, qui se retourne pour s'appliquer sur l'une des faces du barrot ; la branche verticale est chevillée au travers de la muraille, et porte au collet une oreille, traversée par une forte cheville rivée sur les préceintes. La branche horizontale est munie de boulons, qui traversent le barrot, ainsi qu'une latte (*pl.* 31, *fig.* 238) de même échantillon, placée du côté opposé, et portant également une oreille appliquée contre la muraille et traversée par une cheville.

Les dimensions des armatures et des courbes en fer ont été l'objet d'un règlement ministériel du 21 juin 1851, consacré par une longue expérience.

Courbes du système de Brest. — La branche horizontale des courbes réglementaires est disposée de la manière la plus convenable pour résister aux flexions verticales, auxquelles elle oppose sa plus grande dimension ; mais la branche verticale est dans de moins bonnes conditions, et présente sa plus petite dimension, son épaisseur, dans le plan de flexion ; on obtiendrait une résistance bien meilleure, si la branche verticale pouvait être maintenue dans le même plan que celle qui s'applique contre le barrot. C'est ce que l'on est parvenu à réaliser dans le type de courbes créé à Brest (*pl.* 32, *fig.* 239) ; dans ce système, la branche horizontale est pourvue d'une oreille, et diffère peu de celle dés courbes réglementaires ; la branche verticale, continuée dans le même plan, reçoit un retour d'équerre assez prononcé, destiné à lui donner de l'assiette sur la muraille ; en outre, pour qu'elle ne soit pas coupée par les chevilles qui la traversent, on y réserve aux points convenables des renforts de matière, percés à la machine. Il en résulte en définitive des formes assez compliquées, qu'il n'est possible d'exécuter qu'au pilon et à l'étampe ; après avoir forgé isolément la branche verticale avec son rebord et ses renforts, on n'a plus qu'à la souder avec la branche horizontale, ce qui ne présente aucune difficulté particulière.

Les courbes du système de Brest sont très satisfaisantes au point de vue de la résistance, et, à solidité égale, sont moins pesantes que les courbes réglementaires ; en revanche, leur prix de revient est plus élevé ; le chevillage de la branche verticale, à travers des trous fixés en position et en direction, nécessite une exactitude, à laquelle on ne peut arriver qu'en faisant chaque courbe d'après un gabarit soigneusement relevé à bord.

Il conviendra donc de se borner à l'emploi des courbes du système réglementaire dans les cas, assez peu fréquents aujourd'hui, où l'on aurait à construire des bâtiments à barrots en bois.

Courbage des ponts légers. — Pour des ponts légers, teugues, dunettes, roofs, qui ne contribuent pas à la consolidation de l'ensemble de la coque, on peut très bien se borner à placer de chaque côté du barrot deux petites lattes à oreilles (*pl.* 31, *fig.* 240), analogues à celles que l'on emploie

avec les courbes réglementaires. Cependant par le travers des mâts, qui fatiguent toujours les étambrais, et font subir aux barrots qui les limitent, des efforts horizontaux, il conviendra de les remplacer par deux courbes horizontales, qui sont tout aussi peu encombrantes, et d'une puissance beaucoup plus grande.

Sur des bâtiments fatigués, on a quelquefois ajouté, pour consolider les hauts, des courbes extrêmement développées (*pl.* 32, *fig.* 241), et portant sur le pont en même temps que sur les barrots. Quelquefois, aussi, on a employé des armatures formées de deux tirants en fer rond (*pl.* 32, *fig.* 242) fixés par trois patins aux barrots et à la muraille. Enfin on emploie quelquefois dans le même but des croix de Saint-André (*pl.* 32, *fig.* 243), que l'on dispose au milieu des entreponts, sans dépasser le bord des panneaux, de manière qu'elles ne gênent pas la circulation.

Épontillage. — Il est indispensable de soutenir en leur milieu les baux, qui ne conserveraient pas leur bouge, sous l'effort du poids dont ils sont chargés. Ils sont soutenus par des pièces verticales, appelées *épontilles*, qui reportent leur effort soit sur un autre pont, soit, par l'intermédiaire de ce pont, sur les fonds du navire. Le plus souvent, il n'y a qu'une épontille, placée dans l'axe ; quelquefois la présence au-dessous des barrots d'espaces à réserver, tels que la chambre des machines, conduit à dédoubler l'épontille, en la reportant sur les côtés, ou le long des cloisons. Quelquefois enfin d'autres systèmes sont employés pour soutenir les barrots.

Épontilles avec hiloires renversées. — L'usage a été pendant longtemps de soutenir les baux par une longue pièce de bois d'un fort équarrissage (*pl.* 32, *fig.* 244), ajustée sous leur face inférieure et placée dans l'axe du navire, à laquelle on donnait le nom d'*hiloire renversée ;* les grandes épontilles, appuyées sur la carlingue, venaient faire tête sous cette hiloire, ce qui permettait de les répartir à des distances uniformes, sans correspondance avec les baux. Les épontilles de cale étaient des pièces rectangulaires d'un échantillon un peu inférieur à celui des baux ; elles pénétraient dans l'hiloire par un petit tenon, et étaient maintenues à leur pied par un grain d'orge cloué sur la carlingue.

Sous les baux de chacun des ponts supérieurs, on plaçait une hiloire renversée d'échantillon moindre, et proportionné à celui des barrots. Les épontilles des entreponts venaient porter sous ces hiloires, et, dans leur répartition, on avait soin de les placer à l'aplomb d'un barrot du pont inférieur, le bordé ne pouvant leur fournir un appui suffisant ; on ne se préoccupait pas de la position de leur tête, qui n'avait pas besoin de correspondre à un barrot.

Outre que cette disposition facilite beaucoup la distribution des épontilles, elle peut en outre fournir une puissante liaison longitudinale. En effet, si l'hiloire régnant sur toute la longueur du navire était rattachée invariablement avec les baux, ainsi qu'avec le sommet des épontilles, si en outre le pied de celles-ci était solidement lié aux carlingues, on conçoit que l'ensemble de la charpente ainsi constituée formerait un plan rigide diamétral, qui, en vertu de sa grande hauteur, opposerait une résistance considérable aux flexions longitudinales. Dans ce but, les hiloires étaient entaillées avec les baux, et quelquefois liées aux épontilles par des courbes en bois ; mais, à moins de dispositions toutes particulières, elles sont nécessairement coupées aux grands panneaux, aux étambrais, et se trouvent ainsi réduites à des tronçons séparés, qui consolident, il est vrai, les parties correspondantes du navire, mais qui n'ont plus qu'une influence secondaire sur la rigidité de l'ensemble du bâtiment, et qui présentent en outre l'inconvénient d'encombrer d'une manière gênante les panneaux qu'elles coupent.

Les faux-ponts n'ont pas d'épontilles spéciales ; on distribue leurs baux de manière qu'ils s'appliquent contre les grandes épontilles ; ils sont supportés par un fort taquet assemblé par des



entailles à échelons contre la face latérale de ces épontilles, auxquelles ils sont chevillés horizontalement.

Épontilles de cale. — Les hiloires renversées ne sont employées aujourd'hui que pour soutenir, par l'intermédiaire des baux voisins, ceux auxquels on ne peut pas placer d'épontilles. Une grande épontille carrée (*pl.* 33, *fig.* 245) est placée sous chacun des baux de la batterie basse et supporte, par un taquet, le barrot correspondant du faux-pont. Elles sont placées à égale distance des faces latérales des baux, sauf celles des écoutilles, dont une des faces coïncide avec celle du barrot tournée du côté de l'écoutille; celles-ci, appelées épontilles *à marches*, reçoivent sur leurs arêtes des entailles, qui, avec une *tire-veille*, permettent la circulation, quand les échelles ne sont pas en place. Leur échantillon est légèrement augmenté.

Les épontilles des panneaux sont reliées aux barrots (*pl.* 32, *fig.* 246) par des équerres en fer plat, qui servent à empêcher les tenons de sortir des mortaises des barrots, par l'effet des chocs auxquels elles sont exposées; elles résistent en outre à la déformation du navire et jouent un rôle analogue à celui des courbes des barrots.

Épontilles d'entrepont. — Dans les entreponts, on place des épontilles en bois tourné (*pl.* 33, *fig.* 247), avec embase et chapiteau, qui, ayant une longueur peu supérieure à 2 mètres, ont besoin d'une solidité beaucoup moindre; leur forme supprime des arêtes, contre lesquelles les hommes seraient exposés à se blesser. A la base et au sommet, elles portent des tenons cylindriques pénétrant dans des mortaises pratiquées l'une sous le barrot, l'autre sur le bordé; on met en place l'épontille, en soulevant au moyen de vérins le barrot supérieur, qu'on laisse retomber quand l'épontille est en place.

Il résulte de cette disposition, que les barrots des ponts doivent se correspondre, sans quoi les épontilles porteraient sur le bordé, qui ne pourrait leur donner un appui suffisant. Quand cette correspondance est accidentellement impossible, on place sous l'épontille une entremise, reportant son effort sur les deux barrots voisins.

Épontilles à tirant. — Dans certains cas, on peut avoir besoin de soutenir un barrot au moyen du barrot placé au-dessus de lui. On place alors dans le centre de l'épontille un boulon (*pl.* 33, *fig.* 247), dont la tête porte sur le barrot supérieur et dont l'écrou est placé sous le barrot inférieur. Des tirants de cette espèce peuvent aussi, si la nécessité s'en présente, être dissimulés dans des montants de cloison; il ne serait pas bon de les laisser à nu : le moindre choc les fausserait.

Épontilles à charnière. — En certains endroits des ponts, il n'est pas possible de placer d'épontilles permanentes; autour du cabestan, la surface décrite par les barres doit être absolument dégagée pendant leur manœuvre. On emploie en cet endroit des épontilles en fer (*pl.* 33, *fig.* 248), fixées à charnière au barrot; le pied vient porter sur un sabot, dont le fond, en plan incliné, est garni d'un rebord abattu d'un côté; l'épontille, en remontant sur le plan incliné, ramène le barrot à la position qu'il doit normalement occuper, et ne peut sortir de son sabot, grâce au rebord qui la retient; un crochet la maintient relevée sous barrots quand elle devient gênante.

Épontilles en fer. — Des épontilles en fer sont nécessaires aux alentours de la cuisine, des chaudières auxiliaires, dans la chambre de chauffe, auprès de la cheminée, positions où des épontilles en bois pourraient se carboniser. Sur un assez grand nombre de bâtiments, on en a généralisé l'usage, pour diminuer l'encombrement. On les exécute soit en fer plein (*pl.* 33, *fig.* 249), soit en tubes de fer étiré, ce qui leur donne, à poids égal, plus de résistance, et on les munit de deux têtes boulonnées au travers des barrots.

Réduction du nombre des épontilles. — Il est généralement possible, avec un peu d'attention, de réduire dans une assez large mesure le nombre des épontilles, et d'éviter ainsi un poids, une dépense et un encombrement sensibles. Il suffit pour cela de remarquer qu'un grand nombre de cloisons sont munies de montants, qui, si on a soin de les renforcer quelque peu, et de les placer à l'aplomb des barrots, peuvent très efficacement jouer le rôle d'épontilles; telles sont les cloisons qui limitent la ligne d'arbre, les cloisons des soutes à charbon, des logements de l'avant et de l'arrière. Il suffit d'avoir l'attention éveillée sur ce point, et d'opérer avec discernement les suppressions possibles.

CHAPITRE XII.

REVÊTEMENTS INTÉRIEURS.

Parage intérieur. — Après que le navire est monté en bois tors, lissé et accoré d'une manière définitive, il existe toujours des irrégularités, qui proviennent soit d'imperfections de la taille des pièces, soit de leur montage. Pour les faire disparaître, on commence, avant la mise en place des revêtements, qui doivent les recouvrir intérieurement, par faire de nouveau un balancement complet, sans chercher à recommencer le perpignage, ce qui serait difficile et peu utile; les couples ayant toujours une tendance à tomber sur l'arrière, tendance qu'on atténue par des écharpes obliques placées à quelques couples, on se borne à vérifier qu'ils sont perpendiculaires à la quille.

On applique alors sur la surface à régulariser des lattes, que l'on fixe par des clous, et, si quelques couples font faire à la latte une bosse, on les entaille jusqu'à ce qu'elle disparaisse. Des passées sont ainsi faites de 50 en 50 centimètres, et on régularise au sentiment les surfaces intermédiaires. Si les couples ont été bien travaillés, et le montage bien fait, le parage doit être de peu d'importance.

En même temps on enlève, partout où il existe, l'aubier des pièces de membrure, qui, plus altérable que le bois parfait, serait une cause de pourriture. Dans les défournis ainsi produits, que l'on taille au ciseau suivant des formes régulières, on ajuste des cales ou des romaillets. Les vices que l'on découvre de cette manière doivent être exactement purgés, et remplis par des romaillets de bois sain; si leur importance compromettait la solidité de la pièce, on la changerait en entier. Quand les membres ont été débités dans des pièces ayant la courbure nécessaire, et l'équarrissage strictement suffisant, conditions de mise en œuvre économique (*pl.* 33, *fig.* 250), il existe de petites flaches d'aubier sur les quatre arêtes. Mais le plus souvent les membres à courbure prononcée ne peuvent plus, par suite de la rareté des bois courbants, être pris que dans des bois à fort équarrissage, et à courbure insuffisante; cela a l'inconvénient de donner des défournis (*pl.* 33, *fig.* 251) dans le dos de l'allonge au milieu, et aux deux extrémités, du côté intérieur. La conséquence la plus grave est un fort déchet, et une découpe vicieuse, qui tranche le fil du bois. Dans beaucoup de constructions du commerce, comme d'ailleurs on le faisait autrefois dans la marine anglaise, on place des cales dans les défournis des abouts (*pl.* 15, *fig.* 112), on les développe même et on les fixe par des gournables, avec l'espoir d'obtenir une liaison des pièces d'un même couple. On attribue à ces cales un dépérissement rapide des surfaces de joint.

Carlingues. — En même temps qu'on fait le parage, on dresse le lit de la carlingue, et on prépare ses différentes pièces. Ces pièces sont assemblées les unes aux autres, par des écarts

analogues à ceux de la quille (*pl.* 33, *fig.* 252), disposés de manière à décroiser ces derniers. Quelquefois, on constitue la carlingue de deux séries de pièces (*pl.* 33, *fig.* 253), placées à se toucher de chaque côté du plan diamétral; quelquefois enfin on établit une carlingue centrale (*pl.* 33, *fig.* 254), et, de chaque côté, un carlingot plus faible. Les écarts de ces différentes pièces doivent se décroiser entre eux.

La taille des pièces de carlingue n'offre aucune difficulté; il suffit d'ajuster sur les varangues les gabarits longitudinaux, que l'on a préparés à la salle, et, après avoir dressé un plan et tracé dessus le contour du gabarit, de tailler à l'équerre carrée les surfaces cylindriques, qui forment le dessus et le dessous de la carlingue.

Les pièces des différents plans (*pl.* 33, *fig.* 253), quand il y en a plusieurs, sont chevillées transversalement, comme le sont les couples, avec dés à la face de joint. Sur chaque couple on place une cheville verticale ou oblique, qui est enfoncée par l'intérieur, traverse un dé au contact du couple et de la carlingue, et vient se river sur virole sous la quille. Quand les couples sont boisés dans l'ancien système, les chevilles traversent toujours la varangue, et sont inclinées alternativement sur chaque bord (*pl.* 34, *fig.* 255-256). Les écarts de carlingue ne sont tenus que par ces chevilles, et quelques vis à bois, quand on craint un bâillement. Les carlingues se font généralement en chêne; on en a cependant exécuté en bois de Cochinchine et en angélique sur quelques navires.

Carlingues des machines et des chaudières (*pl.* 34, *fig.* 257 à 259). — Quoique les carlingues des machines et des chaudières aient pour but principal de leur fournir une assise aussi solide que possible, il convient de les utiliser pour renforcer la coque. Les unes et les autres doivent être étudiées d'après le plan de pose, qui varie d'un navire à l'autre; ce plan doit être établi à une hauteur déterminée au-dessus du fond de carène, et offrir le contour horizontal nécessaire, pour que tous les boulons de fondation trouvent du bois massif au-dessous d'eux. Les carlingues longitudinales peuvent, si la hauteur est considérable, être allégées par-dessous; les carlingues transversales seront avantageusement composées de pièces reposant au milieu sur la carlingue centrale et venant buter par leurs extrémités sur les vaigres d'empature; elles formeront avec les varangues des sortes de fermes renversées.

Quand les chaudières sont cylindriques ou elliptiques, les carlingues perpendiculaires à leur axe sont surélevées, et taillées suivant leur section transversale, de manière à former berceau. Les carlingues sont toujours fixées à la membrure par des chevilles, qui traversent complètement la membrure et le bordé, et dont la distribution doit être étudiée, de manière à ne pas rencontrer les vis d'attache de la machine.

Marsouins. — Les marsouins continuent la carlingue à l'avant et à l'arrière et s'ajustent sur les encolures des couples, qui, par suite de l'acculement, doivent être très relevées, pour obtenir, sans les affaiblir, le lit de largeur voulue pour le marsouin. Le marsouin avant (*pl.* 34, *fig.* 260-261) ne dépasse pas le pont de la batterie inférieure et vient à son extrémité toucher la contre-étrave intérieure. Dans les avants renversés ou à éperon (*pl.* 35, *fig.* 262), le marsouin est séparé de la contre-étrave dans la partie basse par de forts remplissages; les couples, qui offrent un contour fermé, viennent s'appliquer en haut et en bas contre le massif médian ainsi constitué.

Les pièces d'étrave, de contre-étrave et de marsouin sont traversées par des chevilles rayonnantes, normales au contour moyen, espacées de 50 à 60 centimètres, disposées de manière à traverser les écarts, et à éviter pour eux l'emploi de chevilles spéciales, que l'on ne pourrait pas repousser dans une réparation; quelques-unes toutefois sont indispensables pour le montage.

On a déjà vu dans le chapitre VII les principales dispositions du marsouin arrière, qui est

coupé au presse-étoupes quand il y a une hélice diamétrale, et est continué dans le cas contraire. Le chevillage (*pl.* 35, *fig.* 263 à 266) se fait par des chevilles obliques, qui viennent d'abord se river sous la quille, puis sur l'étambot. Quand il y a un tube porte-hélice, les chevilles verticales doivent s'arrêter au-dessous de lui, et ne tiennent que le talon des couples. Le marsouin n'est fixé que par les chevilles tombant sur l'étambot, qui atteignent une grande obliquité, par des chevilles traversant le sommier et quelques autres aboutissant sur le bordé à quelque distance des coutures.

Aucune règle précise ne peut être donnée pour ce chevillage, qui varie sur chaque navire suivant les dispositions locales.

Bauquières et sous-bauquières. — On a examiné dans le chapitre X les dispositions générales des bauquières et sous-bauquières, qui soutiennent les barrots, et forment une partie des revêtements intérieurs. Ces pièces, ainsi que les fourrures de gouttière, doivent être travaillées au placage suivant les formes exactes du navire; on emploie pour cela le procédé usité pour les pièces de tour, que l'on trouvera dans le chapitre XIII. Les bauquières (*pl.* 26, *fig.* 200) sont assemblées à écart long sur le droit, et souvent les bauquières et sous-bauquières sont réunies par un chevillage vertical. La face inférieure de la bauquière est normale à la muraille; la face supérieure, parallèle au pont, porte les entailles à queue d'aronde nécessaires, qui correspondent à celles des baux, et dont le fond doit suivre la pente du bouge.

Entre les bauquières et les fourrures de gouttière, on intercale le plus souvent un remplissage allant de barrot en barrot, dans lequel passe la cheville d'oreille de la courbe, qui est ainsi soutenue sur toute sa longueur. Ces remplissages ferment un vide communiquant avec la maille, et par suite pouvant amener les mauvaises odeurs de la cale dans les emménagements; si on veut se servir de la maille pour l'aération, il faut y percer des ventouses.

La mise en place des bauquières s'effectue au moyen de manelles; on les fixe provisoirement au moyen de taquets placés en dessous, de clous de faufilage ou de vis à œil. Elles seront tenues définitivement par les chevilles de courbes ou de taquets de barrots, et par celles qui fixent les préceintes, et qui se rivent à l'intérieur.

Vaigrage de la cale. — Dans les anciennes constructions des arsenaux, et encore aujourd'hui dans beaucoup de constructions du commerce, toute la cale est recouverte d'un vaigrage continu, dont la direction générale est parallèle à celle de la quille. Dans tous les cas, trois ou quatre de ces virures placées au tournant de la cale (*pl.* 15, *fig.* 109-110-111), et croisant les empatures des varangues et de la première allonge, reçoivent une surépaisseur, et portent le nom de *vaigres d'empature*. L'augmentation d'épaisseur du revêtement, moyen de consolidation déjà motivé à la flottaison et dans les hauts par d'autres considérations, a ici pour raison qu'au roulis la déformation du navire, causée par l'arc, a son effet, non plus sur la quille et les pièces qui l'avoisinent, mais surtout sur les parties les plus basses de la coque, c'est-à-dire au tournant de la varangue.

Quand les fonds sont pleins, nous avons vu qu'il faut ménager l'écoulement des eaux de la maille, soit au travers des vaigres par des accotars, qui les affaiblissent, soit en dessous par une diminution de l'échantillon sur le tour du remplissage.

Lorsque le bâtiment est à membrure pleine, et qu'on supprime le vaigrage au-dessus des vaigres d'empature, que l'on conserve toujours, l'eau des mailles se rend directement à la cale par l'intérieur de la membrure; pour éviter qu'elle ne séjourne au-dessus des vaigres d'empature, qui forment obstacle à son écoulement, on remplit de ciment ou de bois (*pl.* 36, *fig.* 267) le canal triangulaire, qu'elles forment avec la muraille; on peut aussi pratiquer un petit canal d'écoulement dans les remplissages.



La tenue des vaigres est faite par les chevilles du bordé extérieur (*pl.* 36, *fig.* 268-269), qui sont rivées intérieurement sur virole, et que l'on a soin de faire aboutir à quelque distance des cans du vaigrage. Si exceptionnellement on ne peut y arriver, on rive les chevilles sur une jouette carrée *a*, plus large, qui recouvre le joint du vaigrage le plus voisin.

Vaigres obliques. — Pour des raisons qui seront développées plus loin à propos de divers systèmes de consolidation longitudinale et transversale des navires, on a renoncé, pour les constructions soignées, aux vaigres parallèles à la quille, et on les a remplacées par des vaigres obliques (*pl.* 36, *fig.* 270), qui forment une puissante liaison de la charpente. Ces vaigres croisent les membres sous une obliquité de 45 degrés environ dans la partie droite de la muraille, et s'appliquent par flexion et sans épaule, autant que possible. Elles sont disposées pour travailler par compression, et remontent par suite en allant du milieu aux extrémités; à la rencontre des vaigres des deux directions, se trouve un espace triangulaire, rempli par un vaigrage horizontal. Les vaigres obliques, jointes aux lattes, concourent puissamment à combattre l'arc.

Les vaigres obliques sont arrêtées à la dernière sous-bauquière et à la vaigre d'empature supérieure; ces pièces portent des crans ou échelons, qui assurent aux vaigres un point d'appui solide. Quelquefois aussi (*pl.* 36, *fig.* 271), on pratique dans la sous-bauquière une feuillure à échelon, dans laquelle viennent s'encastrer les vaigres.

La ceinture de faux-pont (*pl.* 26, *fig.* 201) est placée, ainsi que nous l'avons dit plus haut, par-dessus les vaigres obliques, qu'il faut faire monter le plus haut possible, leur effet étant d'autant plus efficace que la muraille est plus verticale. Les vaigres obliques ne se mettent en place qu'après les bauquières et sous-bauquières, et les vaigres d'empature.

Essence des bois. — Les vaigres exposées à l'humidité des cales doivent être prises dans des bois d'une bonne conservation. On les fait le plus souvent en chêne, d'essence maigre, afin que le pliage en soit facile; on emploie pour l'obtenir les procédés indiqués plus loin pour le bordé extérieur.

Vaigrage des entreponts. — Dans les entreponts (*pl.* 30, *fig.* 228-229), le vaigrage est formé en haut par les bauquières du pont supérieur et en bas par la fourrure de gouttière. Au-dessus de cette dernière se placent deux virures continues portant le nom de *vaigre bretonne;* elles atteignent le niveau des sabords. Au-dessus se trouvent des virures plus faibles, interrompues à chaque sabord, et qui ne servent qu'à fermer la maille; elles sont en sap et nommées vaigres d'*entre-sabords*.

CHAPITRE XIII.

BORDÉ EXTÉRIEUR.

Parage extérieur. — Avant de mettre en place le bordé, on procède à un parage extérieur, qui se fait par les mêmes moyens que le parage intérieur, qui précède la mise en place du vaigrage. On ne peut toutefois y procéder simultanément sur toute la hauteur du navire, à cause de la présence des lisses; on l'exécute par bandes longitudinales, que l'on raccorde ensuite, en enlevant une portion de lisse, et les accores qui viennent s'appuyer sur elle. Une zone étant parée, on la recouvre des bordages correspondants, sur lesquels on refait l'accorage; les accores viennent alors buter contre un taquet cloué sur bordé.

En exécutant ce parage, on enlève, et on remplace par des romaillets l'aubier, les nœuds pourris et toutes les parties défectueuses de la membrure. De plus on garnit les mailles de remplissages, partout où l'on doit percer des trous de passage pour les prises d'eau, dalots, corneaux, bouteilles, etc. On en met également aux endroits où les chevilles à placer ne rencontrent pas un membre, et aux points sujets à des fatigues spéciales, porte-haubans, écubiers, bossoirs; il est de règle de ne jamais percer qu'en plein bois. Les remplissages préviennent des voies d'eau, qui, si la garniture en cuivre mince ou en plomb, dont on munit intérieurement toutes ces ouvertures, venait à se déchirer, ne se manifesteraient que par l'augmentation des eaux de la cale, sans qu'on pût savoir d'où elles proviennent. Avec des remplissages bien calfatés, l'eau est forcée de suivre le conduit, et de déboucher par son orifice intérieur, en donnant naissance à des égouts faciles à reconnaître. Les chevilles passant en maille sont mal tenues sans des remplissages; mais, ceux-ci augmentant le poids de la coque, on en devra réduire le nombre, en étudiant judicieusement la position des chevilles.

Lattes en fer. — Pour éviter le glissement des couples, les uns par rapport aux autres, et l'arc qui en résulterait, on les relie par une série de lattes obliques, qui vont en descendant vers l'avant et vers l'arrière, de manière à travailler par traction. Au début de l'emploi de ces lattes (*pl.* 36, *fig.* 272), on les a placées à l'intérieur du vaigrage; on les fixait par des chevilles en fer chassées par l'extérieur, et rivées sur les membres, afin de ne pas les amener au contact du doublage; on craignait en incorporant les lattes dans l'épaisseur de la muraille d'avoir des difficultés pour le chevillage des pièces qui les recouvriraient. On a substitué ensuite aux chevilles en fer des chevilles de cuivre, que l'on pouvait river sur bordé, et par suite repousser au besoin dans une réparation.

On a bientôt reconnu que ces lattes étaient dans de mauvaises conditions; tout effort d'arc

les faisait décoller de la surface du vaigrage; c'était un tonneau cerclé par l'intérieur. On a essayé alors de placer les lattes à l'intérieur des membres: on craignait que leur mise en place par l'extérieur n'obligeât à déplacer les lisses du haut en bas sur une certaine longueur, et ne déformât la coque; cette disposition, à peine supérieure à la précédente, est abandonnée aujourd'hui.

Actuellement les lattes sont placées par l'extérieur; leur direction est déterminée en appliquant sur la membrure des lattes flexibles en bois, dont on dirige la partie supérieure à 45° de la verticale, et auxquelles on laisse suivre les lignes de courbure naturelle. Les lattes sont espacées de 1 mètre à $1^{m},50$; elles ont une épaisseur de 8 à 20 millimètres et une largeur de 80 à 200 millimètres. Le parage doit être exécuté simultanément sur tout l'espace occupé par une latte, et on lui creuse dans la membrure un logement ayant sa section transversale, de sorte qu'elle affleure le hors-membres. Tantôt il n'y a qu'un plan de lattes, ayant deux directions inverses sur les deux moitiés avant et arrière, et il est essentiel, dans ce cas, de réunir solidement leurs extrémités au milieu du navire, afin de ne pas affaiblir cette liaison, au point où elle est le plus nécessaire. Quelquefois les deux plans se continuent au delà du milieu (*pl.* 36, *fig.* 273), et l'un d'eux recouvre l'autre; on travaille l'une des lattes en galoche, à l'endroit où se fait le croisement des deux plans.

La mise en place peut se faire sans démonter les lisses; il suffit de les faire un peu fortes, et d'y pratiquer (*pl.* 36, *fig.* 274), au contact de la membrure, un évidement un peu supérieur à la section de la latte, que l'on engage par la lisse la plus élevée, et que sa flexibilité permet de conduire à travers les évidements pratiqués dans les différentes lisses. D'ailleurs, au moment où on latte, les bauquières, les ceintures, les barrots sont en place, et aident puissamment la coque à conserver sa forme.

La tenue des lattes est effectuée par des vis à tête carrée, placées sur chaque plan de bois; on peut aussi employer des vis à tête fraisée, qu'il est plus difficile de bien forcer dans leurs trous; la longueur de ces vis est de 10 à 15 centimètres. Quand les lattes se croisent, on dispose, autant que possible, les croisements en maille (*pl.* 36, *fig.* 273), et on y place un rivet mis à chaud; quand on ne peut distribuer ainsi les croisements, on fait traverser les deux lattes par une vis, qui les maintient moins efficacement. On fait de la même manière la jonction des lattes des deux séries, quand il n'y a pas croisement, et avec une recherche de solidité plus grande encore. Les lattes sont toujours zinguées ainsi que leurs vis. Comme elles sont cachées par les revêtements, et ne doivent être découpées ni par le chevillage, ni par aucun des trous à percer dans la coque, on reproduit leur tracé sur le bordé, par des bandes de peinture apparentes.

Bordé. — La membrure, qui donne au bâtiment sa forme, doit être recouverte par des pièces formant à l'aide du calfatage une enveloppe étanche; le bordé sert en outre à lier les couples entre eux, et, joint à la quille, aux carlingues et aux bauquières, donne au navire la rigidité longitudinale. Cette rigidité s'accroît, si, assimilant le navire à un tube creux, on augmente son moment d'inertie, en augmentant l'échantillon des pièces les plus éloignées de la flottaison; c'est ce qui conduit à donner de fortes épaisseurs aux bordages les plus hauts ou *préceintes*, et les plus bas ou *galbords*.

Division du bordé. — Le bordé extérieur se divise en bordé de l'œuvre morte, de l'exposant de charge, de l'œuvre vive; des conditions spéciales dans lesquelles se trouvent chacun de ces bordés, résultent des différences dans le mode d'attache et la nature des bois, dont la conservation n'est pas assurée de la même manière dans les parties exposées à l'air, immergées constamment ou d'une manière intermittente.

Dans les vaisseaux à plusieurs étages de feux (*pl.* 37, *fig.* 275), on rencontrait à partir de la quille :

1° Les *galbords a, a, a*, que l'on renforce aujourd'hui, en vue de consolider l'arête inférieure, et de permettre un chevillage horizontal au travers de la quille ;

2° Le bordé des fonds ou de *point b b b*, d'épaisseur assez faible et régulière, 14 ou 15 centimètres au maximum ;

3° Le bordé de *diminution, c c c*, qui était formé de pièces à épaisseur croissante à chaque can, pour racheter la différence entre le bordé des fonds et les préceintes, différence qui atteignait 15 centimètres ;

4° Les *grandes préceintes d d*, fortes virures au nombre de 4, qui s'arrêtaient à une virure au-dessous de la ligne des seuillets de sabords ; la virure *e*, placée au-dessus des préceintes, était moins épaisse, afin de ne pas gêner le tir négatif des canons. Les grandes préceintes étaient d'un fort échantillon, 30 centimètres au maximum, afin d'opposer un obstacle à la pénétration des projectiles dans le voisinage de la flottaison ;

5° Au-dessus des sabords de chaque batterie, 3 virures de *petites préceintes f f;* au gaillard des virures de préceintes de *vibord g g ;*

6° Enfin, dans l'intervalle des préceintes, des bordages interrompus à chaque sabord et appelés pour cette raison *bordages d'entre-sabords h h.*

Toutes les dimensions des bordages se trouvent dans le Devis d'échantillons des bois du 1er février 1837.

Ces subdivisions sont conservées sur les bâtiments en bois construits actuellement, quand ils ont plusieurs batteries, ce qui est rare.

Sur les cuirassés en bois (*pl.* 37, *fig.* 276), le bordé des fonds est construit à la manière ordinaire ; il augmente graduellement d'épaisseur, jusqu'au-dessous du can inférieur de la cuirasse. En ce point, une virure très épaisse *a* s'encastre dans une surépaisseur réservée sur les membres ; elle prend le nom de *pièce entaillée ;* une feuillure ménagée sur son can supérieur forme le repos de la virure inférieure de la cuirasse. Entre celle-ci et la membrure se trouve une série de virures horizontales épaisses *b b*, destinées à amortir l'effet des chocs des projectiles, et qui ont reçu par suite le nom de *matelas*.

Nature des bois employés. — Les galbords, les préceintes et le bordé de l'exposant de charge sont toujours exécutés, dans les bâtiments de la marine de guerre, en chêne dit de *Bourgogne*, bois dur à fil serré ; dans l'œuvre morte, on peut, quand on manque de chêne de Bourgogne pour les parties courbes, employer des pièces choisies de chêne de Provence ou d'Italie, bois très résistants, mais remplis de fentes, qui nuisent à l'apparence, et rendent leur emploi sous l'eau impossible. Pour le bordé des fonds, continuellement immergé, on peut employer des bois qui résisteraient mal aux alternatives d'humidité et de sécheresse de l'exposant de charge ; par exemple, les chênes blancs tels que ceux de la Baltique. La marine commerciale fait grand usage de l'orme du nord de la France, et emploie quelquefois le hêtre ; dans les arsenaux on emploie souvent les bois résineux, en particulier le yellow pine. Enfin on a quelquefois employé le teak ; mais ce bois, atteint très fréquemment de gros trous de vers, donne à l'emploi, quand on le débite en petites épaisseurs, un déchet considérable, qui vient encore augmenter son prix si élevé. Ce bois n'a guère été employé d'une façon suivie, et parfaitement justifiée, que pour les virures de matelas sous cuirasse, qui, privées d'aération, sont exposées à des causes d'altération toutes particulières.

Les bois employés doivent être sains, francs d'aubier, sans fentes pénétrantes, ni fibres torses ou autres défauts rendant le calfatage impossible.

Dimensions des bordages. — Les échantillons sur le tour atteignaient au maximum 30 centimètres sur les anciens vaisseaux; sur les navires actuellement construits, ils sont proportionnés aux dimensions de la coque, et notablement plus faibles. Quant à la largeur, il y a intérêt à l'augmenter au point de vue de la résistance à la flexion longitudinale, de la réduction du nombre des points d'attache, de la dépense et du poids. Mais des bordages trop larges s'appliquent mal sur le rond des membres; le calfatage trop réduit n'a pas assez d'élasticité; aussi convient-il de rester pour la largeur au-dessous de deux fois l'épaisseur. Le mieux est de régler la largeur d'après le tarif de recette des bois, et de prendre des pièces dont l'échantillon permette de débiter deux bordages dans l'épaisseur (*pl.* 37, *fig.* 277); on réduira ainsi les déchets au minimum. Le cœur sera mis au placage.

Écarts. — Les longueurs sont prises aussi grandes que possible, afin de réduire le nombre des points faibles. On s'attache à ne placer aucun écart au-dessous des sabords dans les deux virures les plus voisines, et à séparer toujours deux écarts par trois virures intermédiaires au moins. Les bâtiments de commerce se bornent à espacer de $1^{m},53$ au moins les abouts de deux virures consécutives. Quand il y a une virure intermédiaire non interrompue, la distance des deux écarts est de $1^{m}22$ au minimum (Lloyd). Dans les fonds, dont le bordé travaille par compression, il n'y a pas d'intérêt à faire de longs bordages; on se règle sur les dimensions des pièces que l'on trouve dans les approvisionnements, et on descend rarement au-dessous de 6 mètres. Les abouts sont coupés carrément, et viennent se rencontrer au droit d'un membre, et près du gabariage, afin que le calfatage ait du soutien, et que l'on puisse placer près du bout des pièces les chevilles nécessaires.

Direction des joints. — Les joints de l'œuvre morte sont toujours parallèles aux livets, qu'ils accusent, en contribuant grandement à la physionomie du navire. On ne s'attache pas à cette règle dans l'œuvre vive, où elle n'aurait pas de raison d'être.

Dans les arsenaux français, les virures ont des joints parallèles. En Angleterre, dans le but de mieux utiliser les bois, on fait souvent les joints en ligne brisée (*pl.* 37, *fig.* 278-279). Chaque bordage brut présentant un léger élargissement vers le pied, on le taille suivant le contour ABCDE; puis, réunissant ensemble des couples de bordages ayant les côtés DC et ED respectivement égaux, on obtient une bande composée de deux virures MM', NN', dont les cans supérieur et inférieur sont parallèles, et dont la ligne de joint est une ligne brisée.

Pour déterminer la direction des lignes de joint, on divise le contour du couple milieu, depuis les préceintes jusqu'à la quille, en un certain nombre de parties, égales à la plus grande largeur à donner aux bordages. On place des lattes flexibles aux points déterminés, et on les applique sur la membrure, sans leur donner d'épaule. On obtient ainsi des lignes de joint, qui, par suite du moindre développement du contour des couples de l'avant, convergent vers l'étrave, et qui à l'arrière divergent à certains endroits, convergent à d'autres. Pour éviter la flexion des lattes sous leur propre poids, qui dénaturerait le tracé, on étudie préalablement quelques joints sur un petit modèle.

Les virures rétrécies ne sont pas continuées jusqu'aux extrémités; dès que leur largeur descend au-dessous d'une quinzaine de centimètres, on les arrête (*pl.* 38, *fig.* 280), et on leur substitue un élargissement donné à une ou aux deux virures voisines; inversement si l'élargissement devient trop considérable, on intercale (*pl.* 38, *fig.* 281) une virure nouvelle. Les bordages de cette espèce sont appelés *pointes*.

Déformation que subissent les bordages. — Quand on applique les bordages débités droits sur la carène, ils éprouvent : 1° une flexion longitudinale normale au navire, provenant de ce que la coque est convexe ou concave, suivant la ligne moyenne du bordage ; 2° une seconde flexion tangentielle au navire, provenant de ce que la ligne moyenne n'est pas une ligne de courbure de la surface : cette flexion s'appelle l'*épaule;* 3° une torsion provenant de la variation graduelle des équerrages. Quand ces effets sont peu prononcés, les bordages les supportent assez facilement ; c'est surtout l'épaule qu'il s'agit d'éviter, parce que cette flexion, s'exerçant dans le plan de la plus grande dimension de la pièce, fatigue considérablement les fibres des cans, éloignées de la fibre moyenne. On y arrive en partie en faisant la division des bordages par le procédé indiqué plus haut. Quand on est obligé de s'écarter de la direction des lignes de courbure, ce qui se produit souvent dans l'œuvre morte, on y arrive également par le *brochetage des bordages*.

Brochetage des bordages. — Le contour d'un bordage *mnpq* (*pl.* 38, *fig.* 282) étant tracé sur la carène, on y applique une latte flexible AB, comprise tout entière entre les arêtes *mn*, *pq*, en ayant soin de lui laisser prendre sa direction naturelle. On vient alors y fixer normalement, de distance en distance, de petites règles ou *biquettes cc'*, *dd'*, etc., sur lesquelles on marque les points, auxquels elles viennent rencontrer le contour du bordage. On enlève alors l'ensemble de la latte et des biquettes, et on l'applique sur la face de la pièce à tailler ; les points marqués sur les biquettes y sont reportés et déterminent un développement approximatif de la surface à recouvrir ; on taille carrément les arêtes de la pièce, que l'on n'a plus qu'à appliquer par flexion longitudinale, les arêtes se rangeant d'elles-mêmes à la hauteur voulue.

On peut, au lieu d'une latte, si la surface est convexe, se servir d'un cordeau raidi, que l'on munit de biquettes, et que l'on emploie de la même manière.

Si la pièce a trop de courbure transversale, pour qu'une latte puisse rencontrer ses deux arêtes extrêmes, sans sortir de sa surface (*pl.* 38, *fig.* 283), on se sert de deux morceaux de latte, ou d'un cordeau brisé ABC, que l'on emploie comme le cordeau simple, en se donnant l'angle de ses deux parties, déterminé au moyen d'une ligne MN et de trois biquettes *ll'*, B*u*, *tt'*, dont on mesure les longueurs.

Étuvage. — L'épaule étant ainsi évitée, il peut encore se faire que la flexion normale soit pour certains bordages assez forte, pour que l'on ait à craindre leur rupture. Pour leur donner l'élasticité momentanée nécessaire, on fait usage de divers procédés, dont le plus usité est l'étuvage par la vapeur à 100°. Le bois subit un ramollissement, variable avec son épaisseur et son essence ; les bois maigres plient facilement, les bois gras cassent fréquemment, s'ils ne sont pas traités avec ménagement. Le séjour à l'étuve doit être réglé à raison d'une heure par 3 centimètres d'épaisseur.

Les bois étuvés ne subissent ni altération, ni affaiblissement sensible de leur résistance ; leur conservation parait même améliorée ; la vapeur d'eau, en pénétrant dans les fibres ligneuses, semble les dépouiller de la sève, qui est le principe fermentescible des bois. Le seul défaut de ces bois est leur retrait considérable après la mise en place, retrait qui ouvre les joints d'une façon exagérée. Pour cette raison, dans certains chantiers, on constitue à faux frais un moule ayant la courbure moyenne des pièces à étuver ; on ne les met exactement de largeur qu'après l'étuvage et le séchage sur le moule, et on n'a, lors de la mise en place, qu'un supplément modéré de flexion à leur donner.

Les étuves à bordages sont le plus souvent, dans les arsenaux, de longs cylindres formés de douves de sapin cerclées en fer ; des couvercles en tôle, munis de vis de pression, les ferment aux

deux extrémités. La vapeur est fournie par une petite chaudière chauffée par les déchets de bois, qui encombrent les chantiers. On emploie aussi des étuves en tôle, que l'on fait rectangulaires, pour rendre l'arrimage des bordages plus facile, et mieux utiliser leur capacité. Il faut seulement les garnir d'enveloppes non conductrices, bois, feutre, maçonnerie, pour éviter les condensations.

Cuisson des petits bois. — Pour de petites pièces, qui sèchent facilement, on peut substituer à l'étuvage une cuisson à l'eau bouillante; on obtient ainsi une flexibilité beaucoup plus grande. C'est ainsi que se préparent les membrures et bordages des embarcations. On peut aussi se contenter d'échauffer les bois par un simple flambage ; c'est le procédé employé par les tonneliers.

Procédé Blanchard. — Les moyens précédents, tout en facilitant la courbure, ont l'inconvénient d'obliger les fibres extérieures de la pièce à fournir un allongement, qu'elles ne peuvent pas toujours donner, et dans ce cas il y a rupture. Le procédé Blanchard consiste à ployer les bois, en supprimant tout allongement de la fibre extérieure, et permet par suite d'éviter toute chance d'avarie; la pièce étuvée est garnie au dos d'une lame d'acier inextensible, munie de deux talons s'adaptant aux abouts, et c'est alors qu'elle est appliquée sur un moule. Il suffit donc d'avoir des presses suffisamment puissantes, pour donner à des pièces d'épaisseur considérable des courbures très fortes.

L'outillage, que ce procédé nécessite pour obtenir la variété infinie de courbures nécessaire, a empêché qu'il se répande ; il a pris d'ailleurs naissance peu avant la substitution du fer au bois dans les constructions.

Pièces de tour. — Certaines pièces, par suite de leurs dimensions et de leur courbure, commandée par exemple pour les préceintes par la direction des livets, ne peuvent être brochetées ni courbées après étuvage ; on emploie alors une méthode géométrique, pour tailler leur surface de placage, d'après celle de la membrure. On trace sur la membrure (*pl.* 38, *fig.* 284) le contour *mcr*, *sux* du bordage à exécuter, et on détermine un plan normal à la surface au milieu de la longueur. Pour cela on prend aux extrémités du bordage deux points arbitraires *a*, *e*, et on y fixe les bouts d'un cordeau, pincé en un point *o* ; la direction du plan formé par ses deux brins *oe*, *oa*, varie avec la position du point *o*, que l'on déplace en hauteur jusqu'à ce qu'une équerre carrée, appliquée normalement à la surface de la membrure, perpendiculairement aux deux contours *mcr*, *sux*, ou suivant une direction moyenne entre les normales à ces deux courbes, touche par sa deuxième branche *oe* ou *oa*, et que son sommet *c* puisse se dégauchir dans le plan *aoe*. Dès lors, le plan auxiliaire est évidemment normal à la surface de la membrure au milieu de la longueur du bordage. On fixe alors invariablement la position du point *o*, et l'on trace l'intersection *abcde* du plan *aoe* avec la surface de la carène. En choisissant les points *a* et *e*, on doit avoir soin que l'intersection du plan auxiliaire avec la membrure soit comprise tout entière entre les arêtes du bordage, et la rapprocher autant que possible de l'une d'elles ; on pourra par exemple la choisir tangente à l'arête supérieure.

L'intersection *abcde* étant déterminée, on en taille le gabarit ; on y marque les traces *bf*, *cg*, *dh*, d'une série de plans parallèles au plan normal à la fois à la surface de la carène et au contour *abc*... au milieu de sa longueur ; on relève dans ces plans les équerrages α, β, γ, à l'aide de fausses équerres, dont l'une des branches est appliquée sur la membrure et l'autre sur le gabarit ; enfin on relève les longueurs *am*, *bn*,... ainsi que *as*, *bt*,... etc.

Si l'on a taillé sur la pièce de bois (*pl.* 38, *fig.* 285) une face parallèle au gabarit, à une distance supérieure à la plus grande des longueurs telles que *ma*, ou si l'on établit un plan auxiliaire dans cette situation, et si l'on suppose en même temps la surface de placage du bordage exécutée, on voit

que cette surface coupe le plan suivant une certaine courbe $a_1\ b_1\ c_1$, et que si cette courbe était connue, elle pourrait servir avec les équerrages α, β, γ, pour déterminer la surface cherchée. En projetant le contour $a\ b\ c$... du gabarit, en $a'\ b'\ c'$... sur le plan supérieur de la pièce, on voit que le contour $a_1\ b_1\ c_1$... se déduit du premier, en portant sur les traces des sections parallèles des longueurs $a'a_1$, $b'b_1$, $c'c_1$..., que l'on construit sur la planchette d'équerrage C (*pl.* 38, *fig.* 285 *bis*), en menant une parallèle *il* à la ligne *hk*, à une distance égale à celle qui sépare le gabarit de la face parallèle ou du plan auxiliaire.

On pourra, par ce procédé, déduire du gabarit *abc*... la courbe $a_1\ b_1\ c_1$..., que l'on tracera sur le plan supérieur, et qui au moyen des équerrages, servira à construire la surface de placage du bordage ; on y dégauchira ensuite la trace du plan du gabarit *ace*.., que l'on présentera lui-même pour vérifier l'exactitude du travail ; en portant à partir des points *a*, *b*, *c*..., les longueurs *am*, *bn*.., *as*, *bt*..., on obtiendra les cans supérieur et inférieur du bordage, et l'on terminera les faces de joint en les équerrant à l'équerre carrée ; la surface extérieure sera travaillée parallèlement au placage.

Ce procédé peut être simplifié ; quand les équerrages sont faibles et que les courbes $a_1b_1c_1$.. $a'b'c'$... diffèrent peu, on se contente d'appliquer directement sur la face supérieure de la pièce mise en œuvre, ou sur le plan auxiliaire, le gabarit *ace*.., relevé le plus près possible de l'arête supérieure du bordage, en s'en servant comme de la courbe $a_1b_1c_1$..., que l'on se dispense de construire. La surface que l'on obtient de cette manière ne peut s'appliquer exactement sur la membrure ; on est obligé de présenter le bordage pour y marquer les endroits défectueux, en mesurant aussi exactement que possible la quantité dont il doit être retouché ; et après une ou deux opérations nommées *triquages*, on obtient des contacts aussi rigoureux que ceux des bordages taillés exactement.

Triquage. — On dit qu'on trique une pièce telle que N (*pl.* 38, *fig.* 286), quand après l'avoir présentée en position en A M C, et après avoir constaté qu'elle a besoin de retouches plus ou moins importantes, on relève directement sur place les éléments de la correction à lui faire subir.

Pour cela, on prend avec un compas l'ouverture M N, vide maximum qui subsiste au placage des deux pièces à joindre, et on promène le compas sur le contour de la pièce, la pointe *p* suivant le placage, et l'ouverture *pq* étant maintenue parallèle à M N. La pointe *q* trace sur la pièce la limite *a* N *q c* du bois à enlever, pour que le contact s'établisse exactement.

Ouverture des joints du bordé. — Les joints du bordé (*pl.* 38, *fig.* 287) doivent toujours être légèrement ouverts à l'extérieur, et les pièces en contact au placage. Si le baillement se faisait à l'intérieur, il y aurait *faux-joint*, ce qui entraînerait un mauvais calfatage ; l'ouvrier serait trompé par la résistance éprouvée en chassant son fer, et croirait l'étoupe suffisamment comprimée, quand il resterait encore du vide. Si les bordages étaient en contact exact jusqu'à l'extérieur, il faudrait ouvrir le joint au fer taillant pour pouvoir calfater ; aussi préfère-t-on quelquefois placer des cales en bois de 2 à 3 millimètres entre les bordages, pour les empêcher de se toucher. Dans les climats secs leur emploi est inutile ; les joints s'ouvrent bien suffisamment par le desséchement.

Mise en place. — Pour mettre en place un bordage, on l'amène sur l'échafaudage, on le présente à bras, en s'aidant de palans pour le soulever ; puis on fait accoster exactement une de ses extrémités contre le couple (*pl.* 38, *fig.* 288), au moyen de bridolles *aa*, tenues sur des mains de fer *bb* ; on le fait ranger contre le bordage voisin au moyen de coins *c*, chassés contre des taquets *d*, cloués sur le couple. Des bridolles et des coins, placés de distance en distance, forcent ses différentes parties à s'appliquer sur la surface de la coque. On le fixe provisoirement au moyen de clous, arrêtés sur taquets (*pl.* 38, *fig.* 289), afin de pouvoir les enlever facilement, et ne pas dégrader

le bordage; on exécute ensuite le chevillage. Il vaut mieux employer, au lieu de clous, des vis à bois à œil, que l'on place dans des avant-trous, qui serviront plus tard pour le chevillage.

Chevillage. — La tenue définitive se fait au moyen de chevilles en métal, fer ou cuivre, ou bien de gournables; on enfonce les chevilles par l'extérieur, normalement à la surface, et on en étudie la disposition, pour qu'elles contribuent à fixer les revêtements intérieurs, bauquières, sous-bauquières, vaigres, etc; on les rive intérieurement.

On employait autrefois un grand nombre de clous de même métal que les chevilles; leur usage est supprimé aujourd'hui, à cause de leur tenue moins bonne, et de l'impossibilité, dans les réparations, de les enlever sans dégrader le bordage.

Au-dessus du doublage, le chevillage s'exécute en fer zingué; dans tout l'exposant de charge, on ne met que des chevilles de cuivre; enfin dans les fonds, on substitue au cuivre, pour la plus grande partie, des gournables.

Chevillage des œuvres mortes et de l'exposant de charge. — Le chevillage dans cette partie (*pl.* 38, *fig.* 290) se compose d'une cheville sur chaque bordage et sur chaque plan de bois qu'il rencontre; aux écarts on place deux chevilles d'un diamètre un peu plus faible dans chaque about. Les trous sont percés aux trois dixièmes de la largeur des pièces; on cherche autant que possible à les disposer en quinconce pour éviter de créer des fentes longitudinales. Il est indispensable que les chevilles en fer s'arrêtent à $0^m, 30$ au-dessus du cuivre, pour éviter l'action galvanique qui les altérerait rapidement.

Chevillage du bordé de point. — Dans les parties complètement immergées, on peut substituer aux chevilles des gournables (*pl.* 38, *fig.* 291), dont la tenue ne serait pas suffisante dans l'exposant de charge, soumis à des alternatives d'immersion et d'émersion. On conserve au moins les deux chevilles des abouts, et quelques chevilles intermédiaires, espacées de 1 mètre environ; on peut aussi régler leur nombre à raison d'une cheville pour quatre ou cinq gournables environ.

Au droit des vaigres d'empature, et sur les galbords, le chevillage est fait complètement en cuivre, à raison d'une cheville par plan de bois. Les bordages qui recouvrent les tubes des hélices, ne peuvent être chevillés, et sont tenus par des vis à bois.

Les gournables sont plus multipliées que les chevilles; toutes les fois que les membres ont plus de 25 centimètres sur le droit, on y place deux gournables par bordage; si l'échantillon est plus faible, on n'en place qu'une. Les gournables ont l'avantage de lier les bordages à la membrure, sans produire d'accroissement de poids et à moindre prix; en revanche elles ont un diamètre assez fort et découpent beaucoup les pièces en les affaiblissant. Aussi, sur quelques bâtiments d'échantillon léger (Sané, Seignelay), a-t-on renoncé à leur emploi, et ne s'est-on servi dans les fonds que de chevilles en cuivre.

Chevillage des galbords. — Les galbords sont des bordages surépaissis, au nombre de deux ou trois virures, destinés à renforcer la partie du navire, qui travaille le plus énergiquement à la compression, et en outre à fournir un appui solide à la quille, exposée, dans un échouage, à être chassée latéralement. Pour y contribuer, on ajoute aux chevilles, qui traversent les galbords comme les autres bordages (*pl.* 39, *fig.* 292) et sont rivées intérieurement, des chevilles horizontales, placées en regard des mailles, pour éviter les chevilles des talons des couples; elles réunissent les deux pièces de galbord juxtaposées à la quille, en traversant celle-ci, et sont espacées de $2^m,50$ à 3 mètres; il faut étudier leur direction de manière qu'elles viennent sortir sur le can des galbords, et qu'elles traversent la quille en laissant assez de bois au-dessus d'elles, pour ne pas la faire



fendre; cette condition rend leur emploi difficile dans les parties ayant de l'acculement. Quand il y a des carlingots (*pl.* 39, *fig.* 293), on peut les relier par des chevilles obliques avec les deux premières virures de galbord.

Les navires de commerce ont rarement des galbords renforcés; les règles du Lloyd exigent cependant, dans le cas où il en existe, le chevillage horizontal.

Tenue des bordages sur l'étrave et l'étambot. — Les extrémités des bordages qui aboutissent sur l'étrave et l'étambot sont toujours fixées, comme les galbords, par des chevilles horizontales traversant les deux bordages symétriques et la pièce qui les sépare, étrave, contre-étrave, apôtres si le navire est plein; à l'arrière elles traversent le massif formé par la courbe d'étambot et le billotage.

Emploi de dés. — Dans les arsenaux anglais (*pl.* 39, *fig.* 294), on a l'habitude, pour éviter le déplacement des bordages sur la carène, et le cisaillement des chevilles, de placer de deux en deux bordages un dé, noyé de moitié dans la membrure et le bordé. Cette pratique, qui a l'inconvénient d'affaiblir le bordé, ne s'est pas introduite dans les arsenaux français.

CHAPITRE XIV.

SYSTÈMES DIVERS DE CONSOLIDATION.

Porques. Leur objet. — Les efforts que supportent les fonds d'un navire produisent des effets variables suivant l'état de chargement. Si l'on considère une tranche du navire comprise entre deux couples voisins du milieu, et qu'on la subdivise par une série de plans longitudinaux, chacun d'eux limite des solides, dont le poids, très considérable pour ceux placés à l'extérieur, est beaucoup moindre pour ceux placés vers le milieu. Le déplacement de ces solides est peu différent, les fonds étant peu acculés, et par suite il y a, pour chacun d'eux, entre son poids et sa poussée, une inégalité d'autant plus grande, que le navire est plus lège.

Dans la maîtresse partie, la poussée totale de la tranche est de beaucoup supérieure à son poids; l'inverse se produit aux extrémités du navire, de manière qu'il y ait compensation, et que le poids total soit égal au déplacement. Tout se passe donc dans la région centrale comme si chaque tranche était soumise à une poussée verticale sur la quille, et à l'action de poids placés sur les côtés. Il résulte de cette inégalité dans la distribution des efforts que, quand le bâtiment est lège, les murailles descendent, entraînant avec elles les extrémités des barrots, dont la partie centrale est maintenue à distance constante de la quille par les épontilles; le bouge augmente donc en même temps que l'acculement des varangues diminue. Quand le bâtiment est chargé, si des poids considérables sont placés à l'aplomb de la quille, un effet inverse se produit; l'acculement augmente, en même temps le bouge diminue, et on a vu des épontilles sortir des mortaises des barrots.

Ces changements successifs de courbure fatiguent toutes les liaisons des membres, le calfatage du bordé, et ces effets sont d'autant plus énergiques que le couple a un contour plus grand; peu sensibles sur les petits navires, ils le sont au contraire beaucoup sur les grands. Pour y obvier, on a employé des membrures supplémentaires appelées *porques*.

Porques assemblées sur le droit. — Les porques anciennement employées formaient de véritables couples (*pl.* 39, *fig.* 295-296), composés de deux plans jointifs, et décomposés en allonges, genoux, etc., comme les couples de levée. Elles passaient par-dessus la carlingue, en s'entaillant avec elle, et s'arrêtaient le plus souvent au faux-pont. Les deux plans étaient réunis par des goujons transversaux en fer, et à la membrure par des chevilles en cuivre, à raison d'une par bordage, tombant alternativement sur chaque plan. On avait soin de placer la porque au droit d'un couple de levée; si elle se trouvait sous un barrot, ses extrémités remplaçaient le taquet et recevaient les armatures. On plaçait huit porques sur les vaisseaux, dont une au pied de chacun des mâts majeurs, points de fatigue exceptionnelle.

Ces porques avaient l'inconvénient de prendre beaucoup de place ; les objets à loger dans la cale, pièces à vin, caisses à eau, etc., ayant des dimensions régulières, chaque porque faisait perdre une tranche parallèle au vaigrage, et ayant pour hauteur l'épaisseur de la porque et pour longueur celle de l'objet à arrimer. Aussi a-t-on réduit d'abord les porques à six, en conservant celle des mâts, et en remplaçant les porques supprimées par de simples varangues ou *varangues sèches* (*pl.* 39, *fig.* 297).

Porques assemblées sur le tour. — Plus récemment, on a obvié à ces inconvénients, en assemblant les deux plans de bois sur le tour (*pl.* 39, *fig.* 298-299), et en les faisant concorder avec les cloisons, qui limitent les compartiments de la cale. De cette manière on réduit l'encombrement, on rend plus puissantes et plus faciles à construire ces porques, que l'on peut former de deux genoux butant contre la carlingue et d'une varangue qui les croise. L'épaisseur va en décroissant à partir de la varangue, et se réduit vers le haut à celle d'une membrure simple. Enfin le chevillage est diminué de moitié, et le goujonnage supprimé. Sur les navires récents, on est arrivé à supprimer complètement les porques, qui sont avantageusement remplacées, ainsi qu'on le verra plus loin, par des cloisons étanches en tôle ; ces dernières, tout en limitant l'envahissement de la cale par les eaux, forment une liaison transversale très efficace.

Emplanture des mâts. — Sur les bâtiments à voiles et sur la plupart des bâtiments à vapeur, le pied des deux mâts majeurs vient reposer sur la carlingue (*pl.* 40, *fig.* 300-301-302) ; il est terminé par un tenon en forme de pyramide à base carrée, logé dans un encastrement, qui l'empêche de se déplacer et de tourner sous l'effort de la voilure. Il est compris entre la varangue d'une porque *a*, et une varangue sèche spéciale *b*, et latéralement entre deux flasques *cc*, pénétrant dans des entailles de 3 centimètres environ de profondeur, pratiquées dans la porque et la varangue sèche ; les flasques sont appuyées en outre, au droit du mât, par de forts taquets *d*, chevillés sur les varangues.

Le tenon est assujetti par des coussins *ee*, qui rachètent la différence de diamètre du tenon et du mât, et présentent des surfaces inclinées permettant de faire descendre verticalement des coins *ff*, munis de boucles ; en variant les épaisseurs des coins, on incline plus ou moins le mât.

Quand le grand mât tombe dans la machine, on réduit son encombrement en le continuant par une étance en fer (*pl.* 40, *fig.* 303), qui repose dans une emplanture en fer forgé. Si le grand mât rencontre l'arbre, l'étance est fourchue, et ses deux branches reposent dans l'emplanture.

Il n'est pas prudent d'employer des emplantures en fonte ; elles sont exposées à se fendre, si la surface sur laquelle elles reposent n'est pas très exactement dressée, et alors l'effort trop localisé, supporté par la membrure, peut donner lieu à de graves avaries.

Emplanture du mât d'artimon. — Le mât d'artimon est généralement arrêté au faux-pont, et repose dans une emplanture formée de deux élongis, reposant sur deux barrots voisins. Il est soutenu directement par une épontille, assemblée par des courbes avec l'emplanture, qui reporte son effort sur la carlingue et empêche les barrots de fléchir.

Sur les bâtiments à vapeur, l'épontille rencontrerait la ligne d'arbre ; on la remplace alors (*pl.* 40, *fig.* 304) par deux épontilles obliques, venant tomber sur la membrure, ou mieux encore, s'il existe des cloisons longitudinales voisines de l'arbre, on place de forts montants verticaux le long de ces cloisons, et au droit des deux barrots, qui portent l'emplanture.

Emplanture du beaupré. — Le beaupré, placé à l'avant des navires sous une faible inclinaison, a une emplanture verticale (*pl.* 40, *fig.* 305-306), placée soit dans la batterie, soit sur les gaillards : elle est formée de deux montants verticaux *aa*, appuyés sur les barrots de deux ponts, avec lesquels ils sont chevillés ; entre eux se placent des garnis *cc*, chevillés horizontalement, et limitant le logement du tenon, dont le plan inférieur est horizontal.

Il est utile de relier à la muraille les barrots de l'avant, qui supportent l'effort du beaupré, au moyen de tirants longitudinaux, munis d'une tête à l'extérieur, et d'un écrou à l'arrière du barrot à soutenir.

Quand le beaupré est un beaupré dit *à rentrer*, dont l'effort n'est pas très considérable, et qui se rapproche plus de l'horizontale, on réduit l'emplanture (*pl.* 40, *fig.* 307) à deux taquets chevillés sur les barrots du gaillard, entre lesquels vient se loger la caisse du beaupré, qu'une clef empêche de rentrer sous l'effort des étais.

Guirlandes. — Aux extrémités du navire, la membrure et le bordé des deux moitiés de la coque ne seraient pas suffisamment réunis par les chevilles qui traversent les bordages et l'étrave à l'avant, le massif et l'étambot à l'arrière. La nécessité d'une consolidation supplémentaire, reconnue dans la flotte à voiles, se fait plus énergiquement sentir sur les bâtiments munis d'une hélice, dont les trépidations ébranlent quelquefois très fortement l'arrière, et surtout sur les bâtiments destinés à combattre à l'éperon ; des chocs d'une intensité effrayante tendent, si le coup est porté obliquement, à tordre l'avant et à faire sortir le bordé de la râblure. C'est pour cette raison que l'on croise à l'avant et à l'arrière les membrures par des pièces transversales *ki* appelées *guirlandes* (*pl.* 41, *fig.* 308-309), placées par-dessus le vaigrage dans un plan normal à la muraille ; elles sont à cheval sur le marsouin, comme les varangues de porques sur la carlingue. On place ordinairement dans la cale deux guirlandes réparties à des distances égales du brion au faux-pont. Pour réduire leur acculement, on ne les fait porter que sur le marsouin, et on comble, par des cales *aa*, le vide qu'elles laissent entre elles et la membrure. On évite ainsi une perte de bois et une dépense inutile, l'équarrissage au point de fatigue maximum, à l'étrave, restant le même, que si on avait entaillé la guirlande sur le marsouin. On fixe les guirlandes par deux chevilles sur l'étrave et une dans chaque couple. A la hauteur des ponts, on dispose aussi des guirlandes, qui suivent la direction des livets.

Dans les bâtiments fins, l'acculement est tel, qu'on ne trouverait pas de pièces de bois pouvant fournir de guirlandes. On les compose alors de deux pièces assemblées sur le droit (*pl.* 41, *fig.* 310), et consolidées par des armatures en fer. Il est encore possible de les remplacer par de simples courbes en fer forgé (*pl.* 41, *fig.* 311-312), que l'on façonne à la demande des formes du bâtiment ; on les cheville en cuivre, ce qui n'a pas d'inconvénient, puisqu'elles ne sont pas en contact avec l'eau de mer ; mais leur rigidité est assez faible.

Sur les navires à éperon, les guirlandes ont reçu de très fortes dimensions. Elles sont renforcées par des armatures en tôle (*pl.* 42, *fig.* 313).

Tablettes. — Les guirlandes des ponts portent le nom de *tablettes*. Elles sont disposées sur le prolongement des baux (*pl.* 41, *fig.* 314), de manière à recevoir les aboutissements des bordages, et remplacer les entremises qui seraient nécessaires pour cet usage. La tablette *abc* va jusqu'au dernier barrot de l'avant, et, si elle est trop courte, on la prolonge par deux pièces assemblées à écart long avec elle.

On plaçait autrefois dans chaque entrepont une tablette intermédiaire à mi-hauteur; on y a renoncé aujourd'hui, les formes fines des bâtiments permettant un meilleur chevillage du bordé au



travers de l'étrave. D'ailleurs, quand l'avant est plein, il est plus avantageux d'augmenter l'échantillon sur le tour du vaigrage à l'avant, de limiter l'épaisseur de la contre-étrave à celle des membres voisins et de faire passer les vaigres d'un bord à l'autre. On réalise ainsi une liaison aussi bonne, avec moins d'encombrement.

Guirlandes de l'arrière. — Dans les arrières carrés, on consolidait la jonction des murailles et de l'arcasse par des pièces analogues aux guirlandes, croisant quelques barres et quelques couples; elles portaient le nom de *courbes d'écusson*. La jonction du tableau avec les murailles latérales a toujours été assez défectueuse; on ne pouvait la borner au clouage des bordages du tableau sur l'allonge de cornière, et on la complétait de plusieurs manières.

On plaçait à chaque pont une tablette *mm* (*pl.* 41, *fig.* 315), qui croisait les quenouillettes du tableau, et qui s'assemblait avec une courbe *p*, appliquée sur les membres, jusqu'au dernier barrot. On rattachait l'allonge de cornière à l'estain ou au premier couple droit, par de longues chevilles *gh*, traversant plusieurs couples, et dirigées parallèlement à la surface extérieure de la membrure. Enfin une série de tirants horizontaux, *ab cd ef*, traversaient les allonges de poupe, passaient sous les bordages des ponts, et étaient écroutés sur le premier barrot, qui lui-même était lié de la même manière avec le suivant.

Dans les arrières ronds, la liaison des deux murailles est effectuée par des guirlandes et par les préceintes, qui passent d'un bord à l'autre. Il est bon de soutenir la partie en porte-à-faux, au moyen d'une série de bretelles *aa* (*pl.* 42, *fig.* 316), qui contournent tout l'arrière, dans une direction analogue à celles des lattes dont nous avons déjà parlé, et qui sont comme elles placées sur la membrure. Elles se rattachent à une ou deux ceintures horizontales *bb*, qui vont au moins jusque par le travers du mât d'artimon.

Moyens de combattre l'arc. — Nous avons indiqué plus haut les principaux procédés, employés dans les constructions en bois les plus récentes, pour les mettre à même de résister aux déformations, que tendent à leur faire subir les efforts sans cesse changeants, auxquels elles sont soumises, et en particulier l'effort d'arc, le plus puissant de tous.

La répartition différente des poussées de l'eau, du poids de la coque et de son chargement fait prédominer la poussée dans la partie centrale, le poids aux extrémités. Il en résulte que, surtout quand le bâtiment est lège, les parties extrêmes ne sont pas suffisamment soutenues et tendent à s'immerger, que la partie centrale trop fortement poussée tend à émerger. De là vient une courbure du navire ou arc, variable avec l'état de chargement.

L'arc se prononce dès la mise à l'eau, et s'accentuerait davantage encore, si l'on n'avait soin de charger immédiatement la partie centrale de lest; il augmente ensuite au fur et à mesure que les assemblages jouent, que le dépérissement et la déliaison se produisent. Dans l'ancienne flotte à voiles, l'arc atteignait 30 centimètres sur des vaisseaux neufs, ayant au plus 60 mètres de long. Aujourd'hui, c'est à peine s'il atteint quelques centimètres, sur des bâtiments atteignant 70 mètres, et ayant un creux bien plus faible.

Nous avons déjà indiqué, comme procédé propre à réduire l'arc, l'emploi des lattes sur membrure, des vaigres obliques; nous allons examiner quelques dispositions adoptées dans le même but, mais qui n'ont plus aujourd'hui qu'un intérêt historique.

Plan diamétral articulé. Chapman, Bouguer. — Considérant le navire comme formé de tranches soumises à un glissement vertical, plusieurs constructeurs ont essayé d'empêcher le déplacement par l'emploi de liaisons diagonales; tel est le trait commun aux systèmes imaginés par

Duhamel du Monceau, Bouguer, Groignard, Chapman. Duhamel du Monceau réduisit l'arc en inclinant le vaigrage de 45 degrés sur la membrure, dans la région comprise entre les bauquières de la batterie basse et les vaigres d'empature.

Chapman plaça des épontilles obliques (*pl.* 42, *fig.* 317) dans deux plans parallèles au plan diamétral, suivant les diagonales des rectangles formés par une hiloire renversée, une pièce longitudinale reposant sur les varangues et des épontilles verticales; les épontilles obliques étaient dirigées de manière à travailler par compression, et quelquefois on plaçait jusqu'à trois plans rigides de ce genre. Bouguer employa une disposition analogue; seulement ses diagonales étaient en fer et travaillaient par traction.

Ces modes de consolidation seraient certainement très efficaces, si les hiloires renversées pouvaient être continuées sans interruption sur toute la longueur du bâtiment; mais quand elles sont établies dans le plan diamétral, il est bien difficile de leur faire traverser les panneaux, ou de les leur faire contourner; il est de plus peu commode pour la circulation, que le plan diamétral du navire soit occupé par les épontilles obliques, et deux plans articulés de ce genre prennent une place considérable; aussi, sauf quelques cas particuliers, se contente-t-on de la liaison oblique des vaigres.

Système des monitors américains. — Plus récemment, sur quelques monitors américains construits après la guerre de Sécession, navires offrant un très faible rapport du creux à la longueur, on a employé des procédés analogues; sur le Kalamazoo (*pl.* 43, *fig.* 318), le pont, formé de barrots très rapprochés, est soutenu par de fortes épontilles, au pied et à la tête desquelles sont fixés des tirants en fer rond, qui forment croix de Saint-André, et qui peuvent résister par traction, qu'il y ait tendance à l'arc ou au contre-arc.

Sur des bâtiments de rivière américains, on obtient un résultat analogue au moyen d'arcs en charpente fort élevés (*pl.*43, *fig.* 319), soutenus par des épontilles et des écharpes obliques. Cette disposition, qui expose la première liaison du navire, n'est naturellement pas admissible sur un navire de combat.

Système de Robert Sepping. — Le système imaginé vers 1816 par Sir Robert Sepping, constructeur de la marine anglaise, tout en étant fondé sur le même principe, l'emploi de diagonales rigides, n'offrait pas les mêmes inconvénients d'encombrement; aussi fut-il employé sur un assez grand nombre de navires, pour lesquels il donna des résultats satisfaisants. Sir Robert Sepping remplaçait le vaigrage par une membrure intérieure (*pl.* 43, *fig.* 320), allant des bauquières de la batterie basse aux vaigres d'empature, et formée de porques inclinées à 45 degrés, franchissant la ceinture du faux-pont; ces porques, disposées de manière à travailler par traction, se composaient de pièces assemblées par des empatures; les pièces se croisaient sur le droit dans les fonds, sur le tour dans les hauts.

La distance des porques était maintenue invariable par des files de pièces longitudinales et par des arcs-boutants obliques travaillant par compression, interrompus les uns et les autres à chaque porque.

Ce système était continué dans les entreponts; des entretoises obliques étaient placées dans les rectangles compris entre les façades de sabords, la vaigre bretonne et les bauquières.

L'emploi de ce second réseau de membrures intérieures permettait de réduire l'échantillon des couples, au moins dans l'œuvre vive, et de construire des vaisseaux avec des échantillons convenant à des frégates du système ordinaire. Malgré cette réduction, les navires construits dans ce système ont fait preuve d'une grande rigidité, qu'il convient d'attribuer aux perfectionnements

apportés à divers détails, tels que le courbage des ponts, le remplissage des fonds, beaucoup moins soignés à cette époque par la plupart des constructeurs.

En 1822, en vue principalement de construire de grands navires avec des bois d'échantillon réduit, et de réaliser par suite une économie sur les frais de construction, M. l'inspecteur général du génie maritime Boucher proposa d'adopter le système de Sir Robert Sepping, qui fut désigné sous le nom de construction en *petits bois*. Les navires construits dans ce système subirent un prompt dépérissement, qui jeta une défaveur plus ou moins justifiée sur le système, abandonné au bout de peu de temps.

De ces systèmes variés, produits de l'invention des plus célèbres constructeurs du siècle dernier et de celui-ci, rien ou à peu près ne subsiste, et à part l'emploi du vaigrage oblique, général aujourd'hui, tous ces modes de consolidation n'ont plus qu'un intérêt historique. Si des combinaisons compliquées et souvent gênantes ont été adoptées à d'autres époques, c'est que la production et l'usage des métaux étaient bien loin de leur développement actuel; c'est à l'emploi du fer, sous forme de consolidations longitudinales et transversales, que l'on doit la rigidité remarquable de nos derniers navires en bois; on examinera dans le Chapitre XVII de quelle manière on les y a introduites.

CHAPITRE XV.

DÉTAILS DIVERS.

Divers détails de construction, ne pouvant être rattachés logiquement aux chapitres qui précèdent, ont été réunis dans ce chapitre.

Muraille des gaillards. — La muraille n'est généralement pas arrêtée au pont des gaillards; elle est prolongée de manière à protéger le pont contre l'envahissement des coups de mer, et l'équipage contre la vue et les projectiles de l'ennemi.

Sur beaucoup de navires armés de canons sur les gaillards, la muraille complète est continuée, avec ses revêtements intérieur et extérieur, jusqu'à la hauteur des sommiers de sabords; à la partie supérieure se pose à plat une large pièce de bois appelée *plat-bord* (*pl.* 44, *fig.* 321), reliée par des chevilles verticales aux premières virures d'entre-sabords, que l'on exécute dans ce cas en chêne et un peu plus épaisses que les autres; ces virures renforcées prennent le nom de *rabattues*. A l'intérieur se trouvent au-dessous des sabords des virures de vaigre bretonne; à l'extérieur, une virure continue, au-dessus des préceintes de vibord.

Sur d'autres navires de dimension moyenne, la muraille proprement dite est arrêtée au niveau des seuillets de sabords (*pl.* 44, *fig.* 322), au can supérieur de la vaigre bretonne. Sur la muraille se pose un plat-bord, constitué de deux bordages assemblés à joint brisé, et au travers duquel passent de distance en distance quelques allonges réduites d'échantillon, ou *batayolles*, qui reçoivent sur leur tête, munie d'un tenon, un bordage appelé *lisse d'appui*. Ce bordage est tenu sur les batayolles par des courbes en fer placées par-dessous (*pl.* 44, *fig.* 323), ou par des lattes (*pl.* 44, *fig.* 324), fixées sur les faces latérales des batayolles par des vis, et terminées par des tiges cylindriques filetées, faisant office de boulon. Sur les batayolles sont cloués extérieurement des bordages légers embouvetés, en sap.

Quelquefois on place le plat-bord sur la fourrure de gouttière (*pl.* 44, *fig.* 325), et on supprime complètement la vaigre bretonne. Le plat-bord est maintenu par un chevillage horizontal, qui lie ses deux pièces, et par un chevillage vertical; les chevilles intérieures viennent aboutir sous la fourrure de gouttière, les chevilles extérieures traversent une ou deux virures de préceintes.

Le calfatage de cette partie doit être très soigné; les joints des allonges avec le plat-bord fatiguent beaucoup, surtout quand elles fournissent des points d'appui à des boucles ou des taquets de manœuvre, et à des porte-manteaux d'embarcation; il est bon de les recouvrir à leur sortie du plat-bord d'une collerette en plomb, qui préserve le calfatage, tout en contribuant par elle-même à l'étanchéité.

Les plats-bords et les lisses d'appui, situés très loin du centre de gravité de la maîtresse section, sont très bien placés pour résister aux flexions longitudinales ; aussi doit-on étudier leurs dispositions, de manière à n'être jamais obligé de les interrompre, surtout dans la partie centrale du navire.

Quelquefois le plat-bord et la fourrure de gouttière sont complètement supprimés (*pl.* 44, *fig.* 326-327) ; les batayolles seules dépassent le pont, et le vide qu'elles laissent entre elles est comblé par des remplissages, qui affleurent le bordé du pont, et reposent dans une petite feuillure pratiquée dans les batayolles et le bordé. Cette disposition permet d'établir au ras du pont des panneaux à charnière, s'ouvrant vers l'extérieur, et donnant une large issue aux paquets de mer. Elle convient par suite aux bâtiments très ras sur l'eau ; elle dégage très bien le bord et facilite le placement de l'artillerie dans de bonnes conditions de tir ; en revanche elle supprime une liaison longitudinale importante, et, rien n'empêchant les eaux du lavage de se déverser directement à la mer, la peinture extérieure est dans un état constant de malpropreté. La disposition de la figure 325, qui permet d'établir, encore suffisamment près du pont, des dalots de mer, semble donc préférable.

Bastingages. — Sur la plupart des bâtiments de guerre, on établit sur la lisse d'appui ou le plat-bord des caissons longitudinaux appelés *bastingages*, destinés à recevoir les hamacs de l'équipage, qu'il est bon de ne pas laisser renfermés à l'intérieur du navire ; on obtient d'ailleurs, avec de meilleures conditions hygiéniques, une protection contre la fusillade.

Les bastingages sont formés de ferrures en forme d'U (*pl.* 44, *fig.* 328), appelées *chandeliers* de bastingage, espacés de 1 mètre à $1^m,30$, et portant aux bouts de leurs branches deux lisses légères en bois *aa*. Les faces latérales sont recouvertes par un bordé léger en planches de sapin embouvetées ; les chandeliers sont équerrés, de manière à accompagner la forme générale des œuvres mortes. Une toile peinte, clouée sur la lisse extérieure et retombant à l'intérieur, où elle est fixée sur des pitons au moyen de petits cordages ou *hanets*, complète la protection des hamacs contre la pluie et les embruns. Le bastingage reçoit les hamacs disposés sur un, deux ou trois rangs, et a intérieurement, suivant le cas, $0^m,28$, $0^m,48$ ou $0^m,66$ de large, sur une hauteur de $0^m,45$.

Sabords. — Les canons sont installés devant des ouvertures carrées appelées sabords ; d'autres sabords non armés servent, concurremment avec les premiers, à donner de l'air et de la lumière dans les batteries. Les sabords, répartis le plus souvent à des distances régulières, sont limités à l'avant et à l'arrière par des couples, qui, dans les anciens vaisseaux, étaient toujours des couples de levée. Les allonges de ces couples, formant façade de sabord, étaient choisies sans défauts, trous et gerçures, dans lesquels des débris de poudre enflammée pussent se loger ; on ne plaçait pour cette raison aucun écart à la hauteur des sabords. Quand la position des couples de levée ne concordait pas exactement avec celle des façades de sabords, on laissait aux membres les plus voisins l'excédent d'échantillon sur le droit nécessaire.

Le sabord est limité, en haut, par un sommier (*pl.* 45, *fig.* 330), pièce horizontale reposant dans des entailles pratiquées dans les façades, sur lequel reposent les allonges supérieures, engagées dans des mortaises. Le seuillet, placé à la partie inférieure, est disposé d'une manière analogue, mais sans mortaise, afin qu'on puisse opérer sa mise en place, en le faisant glisser horizontalement dans les entailles des façades. Le seuillet et le sommier ont l'échantillon sur le tour de la membrure ; ils sont recouverts par le bordé extérieur et le vaigrage, et sont chevillés horizontalement avec eux.

Les dimensions des sabords sont réglées d'après la hauteur de l'axe de la pièce et les angles

de tir positif, négatif, en chasse et en retraite que l'on recherche, ce qui conduit à placer le seuillet horizontal et le sommier parallèle au pont.

La recherche d'angles de tir considérables oblige souvent, si l'on ne veut pas agrandir l'ouverture du sabord et augmenter les dangers auxquels sont exposés les servants des pièces, à l'évaser vers l'intérieur et l'extérieur à partir de la verticale de la cheville ouvrière, surtout quand la muraille a une forte épaisseur, comme sur les cuirassés. Pour éviter l'évasement à l'extérieur, on reporte autant que possible en dehors la cheville ouvrière, en la logeant dans l'épaisseur de la muraille. Sur certains avisos, les canons des gaillards doivent tirer par des sabords placés à la hauteur des bastingages; on est conduit de même à limiter ces derniers (*pl.* 45, *fig.* 331-332) à des têtières formant évasement intérieur et extérieur.

Les sabords sont clos par des mantelets (*pl.* 45, *fig.* 333-334) formés de deux plans de bois croisés à angle droit et consolidés par des pentures en fer, disposées pour les faire tourner horizontalement; ils se logent dans une feuillure pratiquée sur les faces latérales du sabord et affleurant le bordé. Les mantelets des batteries basses des vaisseaux étaient d'une seule pièce; dans les batteries supérieures, ils étaient brisés et laissaient passer, dans une échancrure circulaire pratiquée moitié dans la partie haute, moitié dans la partie basse, la volée de la pièce. On ne fait plus guère usage que des mantelets brisés; quand les sabords sont ouverts, les deux moitiés des mantelets sont maintenues horizontales, celle du bas par deux bouts de chaine venant s'accrocher sur les façades, la supérieure par une itague en chaîne formant patte d'oie, rentrant à bord par un trou garni d'un tube en fer et ayant une pente vers l'extérieur, pour éviter l'introduction des eaux de pluie. L'itague est manœuvrée avec un petit palan, tourné à un taquet fixé sur le côté d'un barrot.

Les mantelets sont maintenus fermés au moyen de crochets, qui prennent dans des pitons fixés sur les façades; des boucles permettent, pour plus de sûreté, de les brider sur des traverses placées intérieurement, dans les cas où on craint pour leur tenue. Les sabords des gaillards, teugues et dunettes ne sont le plus souvent fermés que par des mantelets amovibles, fixés au moyen de crochets.

Sur quelques navires cuirassés, on a fermé des sabords non armés, au moyen de mantelets en fer massif (*pl.* 46, *fig.* 335) d'épaisseur égale à celle du blindage, tenus par des boulons passant dans un remplissage en bois, composé de pièces placées dans l'évasement des sabords.

Sabords de chasse et de retraite. — Sur les anciens vaisseaux, des sabords étaient pratiqués dans la voûte, et la volée des pièces, éloignées par les fourrures de gouttière d'une muraille en porte-à-faux, ne pouvant dépasser la saillie de la muraille, il en résultait un ébranlement dangereux de la charpente. Il n'en est plus de même aujourd'hui, et les pièces de retraite, quand elles ne sont pas, ce qui est le cas le plus fréquent, établies sur plate-forme sur les gaillards, peuvent être facilement installées à des sabords, non toutefois sans gêne pour les logements. A l'avant on pratiquait sur les gaillards deux sabords, auxquels se plaçaient des pièces de chasse.

Aujourd'hui sur quelques bâtiments de la marine française (Villars), des pièces de chasse sont installées en dedans de la muraille de la teugue (*pl.* 46, *fig.* 336-337), qui présente un retrait permettant de dégager le tir et de le continuer jusque dans l'axe. Cette disposition est usitée sur nombre de croiseurs anglais, pour les pièces de retraite aussi bien que pour celles de chasse.

Sabords de coupée. — L'entrée à bord des bâtiments se fait presque toujours par un sabord des gaillards (*pl.* 44, *fig.* 328-329), de dimensions plus grandes, afin de donner une hauteur d'au moins $1^{m},50$; cet exhaussement oblige le plus souvent à couper le plat-bord, ce qui supprime une liaison utile. Sur certains bâtiments on a cherché à y suppléer, en réunissant les deux parties du



plat-bord par une pièce de bois, dissimulée dans la hauteur du bastingage ; cette liaison est peu efficace.

Quand le plat-bord n'est pas trop élevé au-dessus du pont, le mieux est de faire monter l'échelle extérieure jusqu'à son niveau et de placer à l'intérieur du navire quelques marches pour redescendre ; on évite ainsi une solution de continuité et un affaiblissement fâcheux.

Hublots. — Dans les faux-ponts, l'air et la lumière ne sont admis que par des ouvertures de faible dimension et de forme circulaire, appelées *hublots*. Le bord inférieur du hublot doit se trouver à $0^{m},80$, au moins, au-dessus de l'eau (1). Ces ouvertures ont une forme conique, la petite base étant à l'extérieur ; pour que l'éclairage soit convenable, leur axe doit avoir de la pente vers l'intérieur, et le débouché doit se trouver un peu en contre-bas des barrots. Le hublot est percé en plein bois, garni d'une enveloppe étanche en plomb et d'une petite cuvette, recueillant les infiltrations d'eau et les envoyant dans la cale ou à l'extérieur.

Le hublot est fermé par un mantelet en bronze (*pl.* 46, *fig.* 338), à charnière verticale, placée toujours sur l'avant ; dans ce mantelet est enchâssée une lentille en cristal dépoli, dont la convexité est à l'intérieur. Un piton, fixé du côté opposé à la charnière, est saisi par un crochet, dont l'extrémité opposée, filetée, est tirée vers l'intérieur par un écrou; celui-ci porte sur une petite ferrure fixée sur la muraille, et maintient le hublot hermétiquement fermé ; le joint est fait par un morceau de frise suivée, cloué au portage du hublot.

Dans un autre modèle de hublot (*pl.* 46, *fig.* 339), employé sur des bâtiments de commerce, la monture du verre lenticulaire est un cône, que l'on repousse à l'extérieur, jusqu'à ce qu'il remplisse exactement le trou conique percé dans la muraille. Ces hublots, moins apparents au dehors, sont d'un usage moins commode. Sur certains bâtiments, et surtout ceux construits en fer, les hublots, grâce à la faible épaisseur de la muraille, peuvent avoir leur développement à l'intérieur, ce qui en rend le maniement beaucoup plus commode ; ils sont munis d'une glace plane (*pl.* 47, *fig.* 340), et pour le cas où elle viendrait à se rompre, on y ajoute un mantelet plein monté sur une charnière horizontale. C'est la disposition que l'on emploie le plus fréquemment sur les paquebots, et qui a été imitée sur les derniers cuirassés.

On place quelquefois dans les ponts, pour éclairer les parties situées en dessous, et qui ne peuvent l'être directement, des verres lenticulaires ou des verres prismatiques, enchâssés dans une monture en bronze, que l'on noie dans les bordages du pont.

Guibre. — Le mât de beaupré, sur les navires où la voilure est développée, doit avoir, outre son emplanture, un second point d'appui, que l'on est obligé de reporter sur l'avant de l'étrave. C'est là la raison d'être d'une construction extérieure appelée *guibre*, plan de charpente attaché à l'étrave et arc-bouté latéralement par différentes pièces.

Nous avons vu plus haut (p. 95) la disposition de l'emplanture du beaupré ; ce mât traverse la muraille par une ouverture, dont la moitié inférieure est façonnée de manière à épouser sa forme, et s'appelle *lit du beaupré* (*pl.* 47, *fig.* 341) ; la partie supérieure, séparée de la première par un plan oblique contenant l'axe du beaupré, a un diamètre plus considérable, afin de faciliter la mise en place du mât, et est fermée par une pièce additionnelle appelée *chapeau de beaupré ;* une fois le mât à son poste, on engage des coins dans le vide, réservé à la partie supérieure de l'étambrai, qui coupe l'étrave, la contre-étrave et les apôtres, quand il y en a.

Le beaupré ainsi fixé n'est maintenu que contre les efforts dirigés de haut en bas; dans une

(1) Circulaire du 4 décembre 1863.

direction inverse, le chapeau ne pourrait résister à la traction des étais de misaine, qui tombent sur le beaupré, et, quand même il le pourrait, le beaupré, encastré trop loin du point d'application de ces efforts, ne tarderait pas à se briser ; il faut lui fournir des points d'appui extérieurs, que l'on trouve sur la guibre.

La guibre se compose d'un cadre triangulaire en charpente (*pl.* 47, *fig.* 342), formé du *dossier ab* qui porte sur l'étrave, de la *flèche cd* à peu près horizontale, et du *taille-mer ef*, pièce courbe plus ou moins oblique ; dans l'intervalle, se trouvent des remplissages *gg*. Le contour du taille-mer doit être déterminé de manière que les trois sous-barbes, qui se fixent d'une part au taille-mer en passant dans des mortaises *ooo*, ou au moyen d'étriers, et qui vont de là, l'une, la fausse sous-barbe, s'attacher à l'extrémité du beaupré, les deux autres aux $\frac{2}{3}$ et aux $\frac{4}{27}$ environ de sa saillie, fassent avec son axe un angle de 25 à 30 degrés. La première équilibre la tension des étais du petit mât de hune ; les deux dernières résistent aux étais de misaine.

Outre les points d'attache des sous-barbes, la guibre est percée de deux mortaises AA, dans lesquelles passent les *liures ;* ce sont des tours multiples, soit d'un cordage ayant déjà subi tout son allongement, soit d'une chaîne, que l'on fait passer plusieurs fois autour du beaupré et dans la mortaise. Une fois les tours passés, raidis au cabestan et bridés ensemble, on en augmente la tension en les embrassant soit au moyen de deux cabrions, que l'on rapproche par une *velture*, soit au moyen de deux plaques de fer rapprochées par des boulons.

La guibre est reliée au corps du navire par un chevillage rayonnant, qui la traverse dans toute sa largeur ; la flèche est en outre fixée à l'étrave par une courbe très fermée *h*, appelée *courbe de capucine*. Dans le sens transversal (*pl.* 47, *fig.* 343-344), la guibre est assujettie par plusieurs courbes horizontales *jj*, appelées *jottereaux*, s'appliquant d'une part sur ses côtés, et d'autre part sur la joue du navire, enfin par deux grands arcs-boutants horizontaux *mn*, appelés *herpes*.

Les herpes, ayant une grande portée, sont consolidées par des barrots légers *pqr*, qui les réunissent, et par des arcs-boutants obliques de forme curviligne *st*, appelés *jambettes de poulaine*, qui viennent aboutir sur l'un des jottereaux.

Le plus souvent ces jambettes sont recouvertes d'un bordé continu et calfaté, et forment le *bateau de poulaine*, qui, sur les petits bâtiments, peu élevés sur l'eau, aide par son déplacement le navire à se lever à la lame.

Sur les barrots de poulaine, on établit un bordé de pont léger ; on rapporte tout autour une lisse et un pavois, démontables pour le tir en chasse, et c'est dans cet emplacement, auquel un sabord de chasse du gaillard donne accès, que l'on place les corneaux de l'équipage.

Navires sans guibre. — Quelquefois on supprime la guibre, et le contour du taille-mer, nécessité par l'établissement du beaupré, est fourni par l'étrave elle-même ; cette disposition n'est pas sans inconvénient lors d'un abordage ; la démolition de la guibre n'était qu'un accident secondaire, ne compromettant en rien la charpente du corps du navire ; la rupture de l'étrave est, au contraire, un accident d'une extrême gravité.

Dans la plupart des navires récents, et surtout dans les navires qui reçoivent des mâtures du système des phares abaissés, le phare de beaupré perdant toute son importance, la saillie de la guibre n'a plus d'utilité. La grande distance que le mât de misaine laisse entre lui et l'étrave, permet de faire tomber directement sur le pont ses étais ; le beaupré par suite travaille beaucoup moins, et on est débarrassé de toute cette charpente lourde et compliquée, en attachant directement les sous-barbes sur l'étrave, ce qui est particulièrement facile sur les étraves renversées ou à éperon, si souvent adoptées aujourd'hui.



Bouteilles de l'arrière carré des navires. — Dans les arrières carrés, le bordé du tableau dépassait l'allonge de cornière; dans l'angle de la muraille et de ce bordé, on établissait un emplacement triangulaire fermé de tous côtés, extérieur à la coque, dans lequel on logeait la bouteille des officiers, afin de rejeter au dehors les émanations qui en résultent forcément.

Les bouteilles (*pl.* 48, *fig.* 345 à 347, A) étaient supportées par des planchers horizontaux ou *soles*, formés de bordages de chêne embouvetés, traversés par des chevilles horizontales; la muraille latérale se composait de planches de sapin embouvetées, dirigées parallèlement à la quête du tableau, clouées sur les soles et réunies par des gardes extérieures. Sous la sole la plus basse on plaçait un cul-de-lampe massif en sapin, pour amortir le choc trop violent de la mer. La décoration de l'arrière se développait sur tout le tableau ainsi élargi, et sur les côtés des bouteilles, dont les formes étaient accusées par des pilastres, et le cul-de-lampe dissimulé par des rinceaux. On ne plaçait pas de bouteilles à la batterie basse des vaisseaux; on n'en mettait qu'à la hauteur du gaillard sur les frégates et corvettes, afin de ne pas trop les rapprocher de l'eau. Sur les navires actuels (*pl.* 48, *fig.* 347, B), les bouteilles, quand il y a lieu d'en placer à l'arrière, sont établies intérieurement, et rien ne vient interrompre la continuité des lignes.

Galerie. — La galerie, qui, sur les vaisseaux et frégates, servait de promenoir et d'observatoire au commandant, a été conservée sur les navires correspondants de la flotte actuelle, quand ils ont de la hauteur au-dessus de l'eau. Sa forme épouse celle de l'arrière; elle doit avoir aux extrémités des retours permettant d'examiner l'aspect de la voilure et du ciel. Elle se compose d'un plancher léger, remplacé quelquefois par un caillebotis en fer, recouvert pour la facilité de la marche par des panneaux mobiles en bois. Des courbes en fer fixées sur la muraille soutiennent la galerie, qui est fermée par un garde-corps en fer forgé, et recouverte le plus souvent par une légère toiture en tôle mince. C'est dans la galerie que se retrouvent les derniers restes de l'ornementation exubérante, et, il faut bien le dire, peu militaire, des navires surchargés de sculptures et de dorures de Louis XIV et de Louis XV. Aujourd'hui on se borne à profiler une moulure sur le pourtour de la galerie, à soigner le travail du garde-corps et à garnir d'un petit feston découpé la toiture. La simplicité des navires actuels nous paraît bien mieux appropriée à leur rôle militaire.

CHAPITRE XVI.

PERÇAGE. — CHEVILLAGE.

Outillage. — Les éléments très nombreux, qui entrent dans la construction des navires en bois, sont réunis, soit au moyen de gournables, soit au moyen de clous, de vis, de chevilles et de boulons. Il faut par suite, pour mettre ces divers liens en place, ou pour les enlever dans une réparation, un certain nombre d'outils, que nous allons passer en revue. Il convient en outre d'avoir recours à certaines précautions dans la mise en place et la distribution du chevillage.

L'outillage se compose d'instruments destinés, les uns à creuser les logements du chevillage à travers les pièces à réunir, d'autres à mettre en place le chevillage, d'autres enfin à le retirer.

Outils pour percer. — Tarières. — Pour les très petits trous, jusqu'à 5 ou 6 millimètres, on se sert de vrilles ou de mèches de vilebrequins, qui n'offrent rien de particulier. Pour les trous plus gros, on emploie des tarières *ordinaires* ou *à hélice*.

La tarière ordinaire (*pl.* 48, *fig.* 348) est obtenue en pratiquant un taillant à l'extrémité d'une barre, portant une cannelure longitudinale, pour le dégagement de la *mangeaille*. Le taillant étant en saillie, le fût est libre dans son trou, et l'ouvrier, en appuyant transversalement sur le manche en bois, qui sert à le faire tourner, peut dévier de la direction initiale, si elle a été mal choisie. Le seul inconvénient est qu'il faut amorcer le trou par un coup de gouge, le taillant ne travaillant que sur le côté.

La tarière à hélice (*pl.* 48, *fig.* 349) est obtenue par la torsion d'une lame plate, terminée par deux taillants, qui découpent le bois à la fois concentriquement et perpendiculairement à l'axe. Elle porte en outre un téton fileté, qui s'enfonce facilement dans le bois, et qui, entraînant la tarière avec lui, la force à travailler, sans qu'on ait à appuyer sur le manche pour lui donner de l'avance. Toute la partie héliçoïdale ayant un diamètre constant, il est impossible d'obliquer le trou, et il faut suivre la direction, bonne ou mauvaise, prise à l'origine.

En outre, la tarière à hélice ne peut défoncer le trou ; dès que le téton ne trouve plus devant lui du bois sur lequel prendre appui, le taillant ne travaille plus, et on ne peut achever le trou qu'en poussant la tarière. Il en résulte des éclats qui dégradent les pièces, et, quand on a à percer plusieurs pièces juxtaposées, une grande difficulté à franchir la face de joint. On ne peut guère, avec une tarière à hélice, percer à plus de 40 à 45 centimètres de profondeur, sans qu'elle se coince dans le trou, et ne devienne extrêmement difficile à retirer. On s'en sert le plus souvent pour percer le logement des tampons des clous des ponts, logements qu'il faut faire bien cylindriques.

Alésoirs. — Les gros trous, ceux des dés, par exemple, sont percés avec des alésoirs (*pl.* 12, *fig.* 83), formés par un tambour en bronze, percé latéralement d'une lumière oblique, dans laquelle s'engage un fer de rabot, dont le tranchant fait saillie sur la base inférieure. Ce tambour est porté par un axe fileté à une extrémité, portant à l'autre un manche transversal, qui sert à le faire tourner. Un avant-trou étant percé à la tarière, le filetage y est engagé, et fait marcher l'alésoir au fur et à mesure que l'on tourne la traverse. Le taillant enlève des copeaux au fond du trou, sur tout l'espace compris entre l'extérieur du tambour et l'axe; on obtient par suite un vide cylindrique exactement centré sur l'avant-trou.

Outils servant à la mise en place. — Les vis à bois, les écrous de boulons sont mis en place au moyen de tourne-vis, de clefs ordinaires ou à douille, appropriées à leur formes, et qui n'offrent rien de particulier.

La mise en place des chevilles se fait au moyen de masses, de poids proportionnés à l'effort à faire. Pour chasser les chevilles au delà de la surface extérieure des pièces, on frappe à la masse sur un repoussoir à manche (*pl.* 48, *fig.* 350), que l'on applique sur l'extrémité de la cheville.

Outils pour arracher. — Les clous et les petites chevilles s'enlèvent, quand on peut saisir leur tête, au moyen de *loups*. Le loup à dents (*pl.* 49, *fig.* 351) saisit la tête dans une fente, le loup à collier (*pl.* 49, *fig.* 352), dans un collier à charnière; l'un et l'autre fonctionnent en faisant levier sur la poignée; la disposition de la poignée, du point qui saisit la cheville, et de la surface courbe qui appuie sur le bois, multiplient considérablement l'effort. Quand la cheville est plus forte, et qu'on peut sans inconvénient dégrader l'extérieur de la pièce dans laquelle elle s'enfonce, on se sert du tire-chevilles (*pl.* 49, *fig.* 353), qui se compose d'un bâti CD, dans un trou taraudé duquel vient passer une vis, qui saisit la cheville.

Si l'on veut respecter l'intégrité des bois, on n'a d'autre moyen que de chasser la cheville au moyen de repoussoirs, que l'on présente du côté opposé à celui par lequel on l'a enfoncée. C'est une des raisons pour lequelles les chevilles à bout perdu sont d'un si mauvais emploi : il est bien souvent impossible de les retirer sans démolir les pièces qu'elles réunissent.

Clous. — La marine employait autrefois beaucoup de clous à bordages (*pl.* 49, *fig.* 354) en fer ou en cuivre, atteignant des dimensions considérables, jusqu'à 65 centimètres. L'usage de ces clous est aujourd'hui borné aux bordages de pont. La tête est en forme de diamant, le fût rectangulaire est aminci dans un sens et forme un coin effilé.

Les clous à tête étampée (*pl.* 49, *fig.* 355), employés à quelques travaux intérieurs, ont la tête tronconique ou bombée, et le fût cylindrique sur une partie de sa longueur, du côté de la tête.

La longueur des clous était fixée généralement aux $\frac{22}{10}$ de l'épaisseur de la pièce à clouer; pour le bordé des ponts, on la réduit à deux fois l'épaisseur du bordé, moins la hauteur du tampon.

On employait autrefois beaucoup de clous grillés, portant de nombreuses encoches ou barbelures sur les arêtes. On y a renoncé, l'expérience ayant démontré que le frottement qui s'exerce entre des surfaces lisses est supérieur à l'adhérence des barbelures, qui désagrègent toujours le bois. Il en est de même pour les chevilles grillées.

Le logement des clous est préparé en perçant, avec une tarière ayant pour diamètre le côté du carré du fût, mesuré au milieu de la longueur, un trou ayant pour longueur la moitié de celle du clou. Pour les clous en cuivre, qui ploieraient sous la masse, on prolonge un peu cet avant-trou, mais avec une tarière d'un diamètre moindre.

Les clous sont enfoncés le côté effilé perpendiculaire au fil du bois, afin de le couper, et d'éviter les fentes qui se produiraient certainement, si le clou faisait coin entre les fibres.

Chevilles. — Les chevilles sont le plus souvent cylindriques; on emploie cependant quelquefois des goujons en fer carré; l'une de leurs extrémités porte une tête légèrement conique, qui se forme souvent d'elle-même sous les coups de masse. Du côté opposé, elles sont rivées sur une *rouelle* ou *virole*, afin de parer à l'insuffisance du frottement de la cheville dans son logement. Si ce logement est assez long, si la cheville y est bien serrée, le frottement lui assure une tenue au moins égale à sa propre résistance. Les trous de chevilles doivent toujours être percés en plein bois.

Pour les chevilles en fer, le diamètre du trou percé doit être inférieur à celui de la cheville d'une quantité appelée *hâle*, calculée pour que l'élasticité du bois refoulé produise la pression latérale nécessaire pour assurer la tenue. Un hâle trop faible donne une tenue insuffisante; un hâle trop fort ne permet pas d'enfoncer complètement la cheville : arrivée à un certain point, elle se plie et se rabat sous la masse. Le hâle est de 3 millimètres dans le chêne et de 2 millimètres dans le pin, pour des chevilles en fer ayant jusqu'à 60 centimètres. De 60 centimètres à 2 mètres, le hâle est de 2 millimètres; au-dessus de 2 mètres il est de 1 millimètre. Les chevilles en cuivre se refoulant sous la masse, on doit au contraire donner à leurs trous un surcroît de diamètre, qui est en général de 2 millimètres sur moitié de la longueur, pour les chevilles ayant jusqu'à 1 mètre. Pour les chevilles plus longues, l'augmentation peut atteindre 3 et 4 millimètres à l'entrée.

Les chevilles carrées se logent dans des trous ayant pour section leur cercle inscrit. Elles mâchent par suite le bois, pour se frayer un passage, et leur tenue est moins bonne que celle des chevilles rondes. Les chevilles à bout perdu se placent comme les autres; leur usage doit être limité autant que possible. Outre qu'on ne peut les repousser, il n'est jamais possible d'être certain de leur longueur, et, dans des constructions faites sans une surveillance de tous les instants, elles peuvent donner lieu à des mécomptes déplorables.

Les chevilles doivent être étanches dans leur logement; il est bon pour cela de les enfoncer toujours par le côté en contact avec l'eau, leur tête se refoulant, et remplissant mieux le trou du côté de la mise en place. Les chevilles du talon des couples sont trop longues pour pouvoir être enfoncées par l'extérieur. On garnit aussi la tête d'une cravate en étoupe goudronnée, qui forme calfatage dans la partie du trou voisine de la surface.

Zingage. — Le chevillage en fer placé dans le chêne est attaqué par l'acide gallique; l'attaque est plus rapide quand il y a contact avec l'eau de mer, et il n'est pas rare de trouver sur de vieux navires des chevilles extrêmement réduites, dont le métal altéré n'a plus de résistance, et cède sous le moindre effort. L'attaque est surtout sensible à la surface de contact des pièces, que l'humidité envahit toujours.

En même temps, le bois s'altère au contact de la cheville, et ne présente plus la cohésion primitive, de sorte que la cheville se trouve au milieu d'une matière spongieuse, et perd simultanément sa force et son adhérence. Son volume augmente bien par la formation de l'oxyde de fer; mais néanmoins elle n'a plus qu'une tenue insuffisante.

L'altération est beaucoup plus rapide s'il y a quelques pièces de cuivre dans le voisinage, et s'il y a communication entre le fer et le cuivre, par l'intermédiaire de l'eau de la mer. C'est pourquoi on n'emploie, dans les navires soigneusement construits, que des chevilles en cuivre, d'un prix élevé, dans toutes les parties immergées ou susceptibles de l'être.

L'application à chaud d'une couche de zinc, sur les chevilles préalablement décapées, obvie



complètement aux inconvénients du contact du fer et du bois ; l'un et l'autre se conservent intacts par ce procédé, qui entraine peu de frais, et qui est d'un usage général dans les arsenaux, non seulement pour les chevilles, mais pour les tôles, les cornières et les ferrements de toute espèce, quand leurs dimensions le permettent.

Gournables. — Les chevilles en métal ont l'inconvénient d'ajouter du poids et d'être coûteuses; elles sont souvent remplacées, pour le bordé des fonds, par des gournables en chêne maigre et en acacia, taillées dans du bois de fil. On les assujettit en les fendant à une extrémité, et en y enfonçant un coin, que l'on arase; sur l'autre on perce un trou au poinçon, et on y enfonce une épite.

Les gournables sont reçues brutes, c'est-à-dire sous forme d'un prisme rectangulaire irrégulier. On les travaillait autrefois à huit pans, en les effilant légèrement, et en suivant le fil du bois. Plus tard on a obtenu de meilleurs résultats en tournant les gournables, à l'aide d'une machine, imaginée par M. le directeur des constructions navales Hubert, qui suit dans le travail les sinuosités de l'axe de la pièce, de manière à respecter le fil du bois. Aujourd'hui on obtient des résultats meilleurs encore, en faisant subir aux gournables, ainsi que l'a proposé M. le directeur des constructions navales de Lapparent, une forte compression dans un laminoir, dont les cylindres portent chacun la moitié de l'empreinte de la gournable.

Les gournables comprimées, plus rigides et moins compressibles que les gournables tournées, sont plus dures à mettre en place ; on les frappe avec des masses en fer, en garnissant leur tête d'une virole, qui les empêche de se fendre. Leurs logements sont percés au moyen de deux tarières, qui forment un trou composé de deux cylindres successifs. Les diamètres sont celui de la gournable pris à 10 centimètres de la tête, et celui de la pointe, avec un hâle de 3 millimètres dans le chêne, de 2 millimètres dans le pin.

Vis à bois. — Les vis à bois, dont l'emploi est peu répandu, sauf pour les travaux de menuiserie, ont des têtes de formes variées : carrée, bombée, plate et fraisée, à œil, etc., suivant leur destination. Le filet doit être assez allongé pour qu'il reste entre deux spires une quantité de bois suffisante ; dans les vis hors tarif (1), le pas est les $\frac{75}{100}$ du diamètre de la partie lisse ; les proportions du filet sont les suivantes :

Diamètre de la partie lisse	D
Diamètre circonscrit au filet, à l'origine	D
— — au bout.	0,9 D
Diamètre du noyau, à l'origine.	0,75 D
— au bout	0,65 D
Saillie du filet.	0,125 D
Base du filet	0,150 D

Avec ces proportions, le nombre de filets qu'il faut engager dans le bois est de 7 environ pour le chêne, de 8 à 12 pour le pin, pour l'égalité de résistance. Le fût cylindrique doit dépasser la face de jonction des deux pièces.

Boulons. — Les boulons sont employés pour la jonction des barrots d'assemblage, et pour l'attache des barrots avec la muraille. Quand l'écrou a son portage sur le bois, on lui donne une base plate, et on interpose une rondelle, qui empêche le bois d'être mâché par le bord de l'écrou.

(1) Circulaire du 5 mars 1867.

Quand l'écrou porte sur du fer, comme il arrive pour les courbes des barrots, il convient de bomber sa face de portage, et de donner au trou percé dans la courbe une fraisure de même forme ; si le boulon n'est pas enfoncé bien normalement, on évite de cette manière que l'écrou ne porte par son bord, et ne produise sur le boulon des efforts de flexion.

Souvent on place la tête de ces boulons à l'intérieur, afin que, si l'écrou venait à sauter, le barrot conserve encore la tenue due au frottement du fût du boulon dans son trou ; dans ce cas, l'écrou est circulaire et porte deux fentes, dans lesquelles on engage une clef de forme spéciale. Le logement de l'écrou se fait dans l'épaisseur des préceintes, qui sont ainsi un peu affaiblies.

Échantillons du chevillage. — Les proportions du chevillage sont indiquées, dans leurs grandes lignes, dans les devis d'échantillons, que l'on pourra utilement consulter. Mais il y a bien des détails qu'on ne peut régler complètement à l'avance, et qui sont étudiés pendant la construction et arrêtés suivant les usages particuliers à chaque port. Voici, à ce sujet, quelques règles empruntées à la pratique du port de Brest.

Écarts de quille. — On place trois chevilles au moins, suivant la longueur de l'écart, avec un espacement d'au moins 60 centimètres ; les chevilles qui se trouvent très près d'une cheville de couple sont supprimées et remplacées par un clou. La cheville a pour diamètre les $\frac{6}{100}$ de l'échantillon de la quille sur le tour.

Goujons des couples. — Chevilles en fer espacées de 50 à 60 centimètres les unes des autres et de 25 à 30 centimètres des abouts des pièces ; elles passent dans des tampons, et sont noyées dans l'épaisseur du bois.

En appelant S le produit des deux échantillons pris sur le tour et sur le droit du couple en millimètres, on pourra prendre :

$$d = \frac{S}{10000} + 12^{mm},$$

en ne dépassant jamais un diamètre de 32 millimètres.

Les règles du Veritas donnent pour le diamètre de ces chevilles $\frac{1}{12}$ de l'échantillon sur le droit des membres.

Talon des couples. — En désignant par S′ la somme des surfaces des sections transversales de la carlingue, de la quille et du plan du couple qui reçoit les chevilles, on peut prendre :

$$d = \frac{S'}{50000} + 20^{mm}.$$

On diminuera de 2 millimètres les chevilles qui traversent les écarts de quille ; on augmentera au contraire celles des couples de l'arrière, que les trépidations de l'hélice fatiguent plus.

Massifs avant et arrière. — Les massifs avant et arrière sont traversés par de nombreuses chevilles, disposées en éventail, de manière à rester normales à la ligne moyenne de ces massifs. Leur espacement, dans la partie où elles sont le plus éloignées, ne dépasse pas 60 à 70 centimètres ; on les perce avec une légère obliquité relativement au plan diamétral, en les faisant tomber alternativement sur chaque bord, pour éviter de créer des lignes de rupture. Leur diamètre ne dépasse que rarement 36 millimètres. Nous donnons (*pl.* 34 et 35, *fig.* 260 à 266) quelques exemples de ces chevillages, pour lesquels on ne peut guère donner d'indication générale.

Chevillage du bordé. — Les échantillons du chevillage du bordé sont fixés d'après l'épais-



seur totale de bois du bordé, de la membrure et du vaigrage à traverser. On peut les régler par la formule suivante, en appelant l la longueur de la cheville, d son diamètre en millimètres :

$$d = \frac{l}{400} + 10.$$

On diminuera de 2 millimètres l'échantillon pour les chevilles tombant sur des écarts.

Gournablage. — Les dimensions des gournables sont réglementées en longueur et en diamètre d'une manière invariable.

DIAMÈTRES APRÈS COMPRESSION.		LONGUEUR.
Gros bout.	Petit bout.	
mm	mm	m
38	26	0,90
34	24	0,75
31	23	0,65
28	21	0,50
25	19	0,45

L'épaisseur des pièces à réunir servira de règle pour le choix de la gournable à adopter.

Chevillage des courbes des barrots. — Le chevillage des courbes des barrots et des taquets à armatures est donné dans le règlement ministériel du 21 juin 1851, auquel nous nous contentons de renvoyer.

Perçage des trous dans les œuvres vives. — Un certain nombre de trous doivent être percés dans les œuvres vives. Le plus important est le canal longitudinal, qui traverse tout le massif arrière, à la hauteur d'un renflement ménagé pour éviter son affaiblissement. Ce canal ne peut être que partiellement préparé sur chaque couple avant son montage, parce qu'au début de la construction il est rare que les plans de la machine soient arrêtés, et qu'on connaisse avec certitude la hauteur de l'axe de l'hélice et le plan de pose de la machine ; ces données seraient nécessaires pour déterminer exactement l'axe de l'arbre, qui offre le plus souvent une légère inclinaison par rapport à la quille. On se contente donc de percer un avant-trou de 8 à 10 centimètres de diamètre, grossièrement façonné, à la hauteur jugée convenable dans le talon de chaque couple. Si on ne peut pratiquer cette série d'avant-trous, qui serviront à passer la barre d'alésage, on est obligé, après le montage, de percer un trou de tarière sur toute la longueur du massif, ce qui est assez peu commode, vu sa grande longueur, et la présence de l'étambot arrière, qui force ou à obliquer la tarière, ou à limiter sa longueur à celle de la cage.

La position de l'arbre porte-hélice ayant été exactement arrêtée, d'accord avec le constructeur de la machine, des repères sont tracés au plan du presse-étoupes et sur la face arrière de l'étambot. On place alors dans l'avant-trou une barre fixée dans des paliers à ses deux extrémités (*pl.* 49, *fig.* 356), et munie à l'une d'elles d'une vis, permettant de lui donner graduellement l'avance ; sur la barre se placent dans des mortaises échelonnées plusieurs couteaux (*pl.* 49, *fig.* 357) serrés par des clavettes ; chaque fois que la barre a avancé de la longueur de la vis, on la fait sortir, on clavette les couteaux à la mortaise suivante et on attaque une nouvelle portion du tube.

Il est essentiel de préparer le chevillage de manière qu'aucune cheville ne soit rencontrée

par les couteaux d'alésage, qui casseraient, et obligeraient, pour leur remplacement, à un démontage et à une perte de temps inutiles.

La barre d'alésage peut être manœuvrée à bras; il est plus rapide et plus économique d'employer un moteur mécanique, une locomobile ou un petit treuil à vapeur, ou même un cheval attelé sur un cabestan, mis en relation par une corde sans fin avec un tambour fixé sur l'extrémité saillante de la barre d'alésage.

Le canal reçoit à l'intérieur un tube en bronze, qui y est introduit par li'ntérieur du navire. Quand les dimensions du canal le permettent, on calfate intérieurement les lignes de joint des couples et des remplissages. A l'arrière le contour du tube est calfaté sur une longueur de 40 à 50 centimètres; on ne peut le faire à l'avant, à cause de la présence de la collerette, sur laquelle se fixe le presse-étoupes. En outre, on incruste dans la face arrière de l'étambot une large jouette en bronze, dans laquelle vient passer le tube et sur laquelle il est rivé.

Prises d'eau. — Les prises d'eau sont installées avec des précautions analogues; elles sont munies d'une garniture en plomb ou en feutre, et renferment un manchon en bronze (*pl.* 49, *fig.* 358 à 360) de dimensions proportionnées à celles des robinets et tuyaux qui doivent s'y adapter. Le manchon en bronze, garni d'une collerette intérieure, qui porte sur le vaigrage, est soigneusement ajusté dans le trou percé dans la coque; la virole extérieure, sur laquelle il est rivé, a aussi pour rôle d'arrêter les extrémités des bordages coupés par la prise d'eau.

Souvent on fait porter au manchon une seconde collerette servant au boulonnage du robinet. Quelquefois on supprime la virole extérieure, et on place à l'intérieur uno pièce portant les deux collerettes, qui, par un filetage, serre le manchon conique dans son logement. Cette disposition a l'inconvénient de ne pas maintenir les bordages coupés, et de tendre, si le serrage est trop fort, à disjoindre la muraille.

CHAPITRE XVII.

INTRODUCTION DU FER DANS LA CONSTRUCTION EN BOIS.

Motifs de l'emploi du fer. — La transformation profonde, que la substitution aux voiles d'un propulseur mû par la vapeur a fait subir aux formes et aux proportions des navires, a eu son contre-coup sur l'agencement et la nature des matériaux employés à la construction. L'ancienne flotte à voiles, à la suite de tâtonnements séculaires, était arrivée à un ensemble de dispositions satisfaisantes, et à des types que l'on reproduisait en ne les modifiant que dans une très faible mesure. C'étaient des navires courts ; la longueur atteignait sept fois et demie le creux, trois fois et demie la largeur.

L'emploi d'un propulseur, dont la puissance doit être, ou à peu près, proportionnelle à la surface du couple milieu, a conduit à atteindre presque aussitôt pour la longueur cinq à six fois la largeur et neuf à dix fois le creux. Plus tard, on a augmenté encore ces rapports, et on a construit des navires, sur lesquels la longueur est égale à huit fois la largeur et quinze fois le creux (Renard).

Ces proportions extrêmes ne sont conciliables avec la solidité de la coque, que par l'emploi de moyens nouveaux, propres à lui donner, non seulement plus de résistance, mais surtout plus de rigidité. Les liaisons en bois conviennent peu pour atteindre ce résultat; composées de pièces de peu de longueur, assemblées par des chevilles, qui finissent toujours par jouer dans leurs logements, elles présentent une élasticité qui va toujours en croissant. C'est au fer qu'on a dû avoir recours, malgré la difficulté qu'il y a à combiner d'une manière rationnelle, de telle sorte qu'elles travaillent toutes deux également, deux matières aussi dissemblables au point de vue des propriétés élastiques.

Ceintures extérieures. — Nous avons déjà eu occasion de mentionner l'emploi du fer dans quelques parties des constructions. L'emploi des lattes en fer, fixées d'abord à l'intérieur du vaigrage, ensuite à l'extérieur des membres, fut un premier pas dans une voie rapidement suivie. On y joignit, sur quelques navires, une ou plusieurs ceintures, dirigées suivant les livets (*pl.* 50, *fig.* 361), formées d'une large bande de tôle *pq*, placée sous les préceintes, et traversée par les nombreuses chevilles, qui fixent celles-ci sur les membres. Ces ceintures ou préceintes en tôle sont une excellente liaison ; elles ont seulement l'inconvénient d'exiger le percement au foret de tous les trous de chevilles qui les traversent, parce qu'on ne peut pas fixer exactement à l'avance leur position. Dans les réparations, les modifications, toutes les fois enfin qu'on a une nouvelle cheville à placer, il faut avoir grand soin de repérer la position exacte de ces ceintures, afin d'éviter, autant que possible, de les découper par de nouveaux trous.

Consolidation des ponts. — Les bons résultats obtenus par le lattage des membrures conduisirent bientôt à appliquer aux ponts les mêmes principes. On plaça sur les barrots, à toucher les hiloires des panneaux (*pl.* 50, *fig.* 362), deux bandes de tôle parallèles au longitudinal, tenues sur chaque barrot par des boulons; on renforça ainsi la fibre supérieure du navire, qui tend à s'allonger. On reconnut bientôt l'utilité de doubler le nombre de ces lattes, au moins dans la maîtresse partie du navire. Le plus souvent, cette seconde bande *mn* (*pl.* 50, *fig.* 361) fut placée sous les fourrures et virures de gouttière ; elle était supportée en dessous par les garnis d'entre-barrots, et par des entremises; des bouts de cornières *a*, placés en dessous, recevaient les extrémités des boulons qui reliaient ces pièces à la muraille. On y ajoutait quelquefois une seconde cornière, placée par-dessus, qui avait l'avantage d'être continue, mais qui, en revanche, gênait beaucoup pour la bonne exécution du calfatage du pont.

On a souvent complété ce système en ajoutant un réseau de lattes diagonales (*pl.* 50, *fig.* 362), rivées aux bandes longitudinales, et disposées de manière à traverser le pont dans les intervalles des panneaux; on obtient ainsi une très bonne liaison, pour résister aux efforts de torsion, auxquels le choc de la mer contre les extrémités soumet le navire.

L'inconvénient de tous ces systèmes est de constituer un pont rigide, doué d'une élasticité insuffisante pour suivre la charpente des murailles dans toutes ses déformations; il en résulte que les attaches des extrémités des barrots supportent des efforts, auxquels elles ne sont pas toujours en état de résister, et que le calfatage des fourrures de gouttière, si essentiel, est constamment à reprendre. Pour éviter cet effet, on renforça les ceintures extérieures, on plaça des ceintures intérieures sous la vaigre bretonne, enfin on ajouta quelquefois des tirants (*pl.* 50, *fig.* 363), réunissant les deux murailles, et composés de deux grands boulons filetés en sens inverse; un écrou double permet de leur donner la tension nécessaire, et leurs têtes font effort sur la ceinture placée hors membres. Ces diverses dispositions ont convenablement renforcé les hauts, et donné, avec plus de solidité, un allégement sensible de la charpente. Plus récemment, on est arrivé, pour la construction des ponts des navires en bois, à une imitation assez complète des ponts des bâtiments en fer. D'autres motifs avaient déjà conduit à introduire les barrots en fer dans certaines parties des navires.

Barrotage en fer au-dessus des chaudières. — L'impossibilité de conserver au-dessus des chaudières à vapeur, et souvent à peu de distance, des barrots en bois, susceptibles de prendre feu ou de s'altérer rapidement, a conduit à les remplacer par des barrots en fer, rattachés à la muraille de bien des manières.

Quelquefois, on a boulonné sur le massif formé par la fourrure de gouttière, la bauquière et un remplissage intermédiaire, une forte armature en fonte (*pl.* 50, *fig.* 364-365-366); celle-ci recevait le barrot entre ses deux branches, et lui était reliée par des boulons transversaux.

Quelquefois aussi, le barrot recevait des garnis en bois, qui lui donnaient une forme rectangulaire ; on pouvait alors le fixer, comme les barrots en bois, au moyen d'une courbe ou de taquets à armature.

Souvent aussi, on a conservé un tronçon de barrot en bois (*pl.* 50, *fig.* 367-368), attaché sur la muraille à la manière ordinaire ; ce tronçon, aminci, venait se loger entre deux branches d'une fourche formée par le barrot en fer, et était boulonné avec elle.

Enfin, dans bien des circonstances, voulant obtenir des barrots d'un démontage facile pour le changement des chaudières, on a fixé sur la muraille une pièce en fer forgé, portant des bossages demi-cylindriques (*pl.* 50, *fig.* 369-370-371), qui se présentaient en face de bossages de

même forme, ménagés sur des plaques de fer rivées sur les barrots. Deux coupelles circulaires venaient embrasser les cylindres formés par les bossages du barrot et de la pièce fixe, et un boulon transversal les retenait en place. L'emploi de ces bossages donne un assemblage solide et facile à démonter.

Barrotage complet en fer. — Depuis cette époque, le barrotage en fer s'est beaucoup développé, pour des raisons très diverses. Les premiers navires de guerre en bois, qui en aient reçu dans nos arsenaux, sont les corvettes cuirassées, type Alma, dans lesquelles on cherchait à réduire les chances d'incendie ; les hauts étaient construits en fer dans les parties non blindées, le barrotage était en fer, et devait supporter le poids déjà considérable des canons de l'artillerie modèle 1864. Depuis, des navires plus grands, mais de disposition générale analogue, Colbert, Trident, etc., ont reçu un barrotage semblable.

Barrotage des cuirassés. — Sur ces navires, on a placé, au-dessus et au-dessous des barrots (*pl.* 51, *fig.* 372), une large tôle dirigée suivant le bouge, et rivée sur une cornière longitudinale. Les barrots, formés de fers à double T, dont la fabrication à cette époque était encore peu répandue pour de grandes dimensions, passent entre les deux tôles et sont rivées avec elles. Tous les barrots qui ne sont pas trop rapprochés des sabords reçoivent, en outre, un taquet vertical formé d'un triangle en tôle, contourné sur deux de ses côtés par une cornière.

L'attache sur la muraille est faite par une rangée de fortes vis à bois à tête hexagonale, qui pénètrent le vaigrage et la membrure jusqu'à mi-épaisseur. La présence, à l'extérieur, du blindage, a empêché d'employer des chevilles, que l'on n'aurait pu repousser, soit pour démonter un barrot, soit si l'une d'elles avait eu besoin d'être changée ou renforcée.

Depuis lors, l'augmentation croissante du prix du bois, la diminution de la valeur des fers profilés, ont rendu l'emploi du barrotage en fer de plus en plus général ; l'adoption de canons plus lourds, à réactions plus puissantes, a aussi conduit à doter les ponts d'une rigidité plus grande, et, actuellement, tous les navires de types nouveaux reçoivent des barrots en fer ou en acier, formés de fers profilés, tôles armées de cornières, fers à double T (*pl.* 51, *fig.* 373).

Bauquières en tôle des ponts supérieurs. — Sur tous ces navires, le vaigrage est supprimé, et, à chaque pont, on place une bauquière en tôle (*pl.* 51, *fig.* 374-375), de hauteur convenable pour recevoir l'attache des barrots, c'est-à-dire ayant de trois à quatre fois l'échantillon sur le tour de ce dernier. Quand il y a deux ponts barrotés de cette manière, on peut, dans la partie centrale, faire dépasser à la bauquière inférieure les barrots, pour la rattacher par un joint horizontal à la bauquière supérieure ; on obtient ainsi une liaison longitudinale plus puissante. Les différentes tôles, qui forment chaque bauquière, sont réunies par des couvre-joints, que l'on place extérieurement en maille, de manière à pouvoir facilement les river à chaud, après la présentation des tôles.

Nous verrons plus loin, quand nous nous occuperons de la construction en fer, les règles à suivre pour l'assemblage des différentes pièces de fer, qui entrent dans ce système de construction.

Au-dessus des barrots se place une tôle gouttière, reliée à la bauquière par une cornière longitudinale, placée par-dessous. La bauquière est tenue sur la muraille au moyen des chevilles d'attache du bordé, auxquelles il convient de substituer des boulons, la rivure sur tôle n'offrant pas des garanties de solidité suffisantes.

Attache des barrots. — Le barrot est rivé par sa panne supérieure à la tôle gouttière ; il

porte une crosse garnie de cornières, tenue sur la muraille soit par des rivets, soit par des boulons. Quand le premier mode d'attache est adopté, il faut river les crosses aux bauquières avant leur mise en place définitive, et river ensuite le barrot à ses crosses et aux gouttières. Quand on emploie les boulons, le barrot est rivé avec ses crosses, et tout l'ensemble est mis en place et boulonné.

Cette dernière disposition a sur la première l'avantage de permettre, soit pendant le cours de la construction, soit ultérieurement, le déplacement facile des barrots, nécessité quelquefois par des remaniements intérieurs, le déplacement des mâts, par exemple. Avec la première disposition, il serait nécessaire, dans ce cas, de couper les rivets et de les remplacer par des boulons. Par contre, ce système exige que les barrots soient placés au droit des membres, pour que les boulons passent en plein bois.

La disposition des crosses des barrots est variable; tantôt elles se composent d'une tôle triangulaire rapportée sur le côté du barrot (*pl.* 51, *fig.* 375), dont on a raboté la panne inférieure; tantôt on fixe sur la bauquière un morceau de fer à T (*pl.* 51, *fig.* 376), sur lequel se rivent deux triangles en tôle rivés également sur l'âme du barrot; celui-ci est fendu, et contourne le côté curviligne de la crosse.

On remarquera sur la figure 376 l'existence de deux cornières rivées sur la tôle gouttière, et appuyant la fourrure de gouttière et le bordé; le canal compris entre elles, garni de ciment, reçoit les eaux, et les conduit aux dalots.

Quand il y a un vaigrage en bois, on ajoute au bas de la crosse une petite cornière horizontale pour appuyer son calfatage.

Faux-ponts. — Les faux-ponts sont disposés d'une manière analogue, mais avec plus de simplicité. On établit, le plus souvent, une bauquière en tôle (*pl.* 51, *fig.* 377) garnie de deux cornières longitudinales, entre lesquelles vient se placer le bout des barrots, qui ne porte pas de crosse. Une tôle gouttière court sur les barrots de bout en bout; dans les parties où ceux-ci doivent être supprimés, par suite de la trop grande hauteur de la machine et des chaudières, la bauquière et la gouttière sont continuées sans interruption (*pl.* 51, *fig.* 378), et la tôle gouttière est, de distance en distance, soutenue par quelques taquets en tôle et cornières. La bauquière du faux-pont, placée au-dessous de la flottaison, est réunie à la membrure et au bordé par des boulons en cuivre, et non en fer zingué comme celles des ponts supérieurs.

Sur quelques bâtiments, dans lesquels on a voulu conserver le vaigrage (Iphigénie), on a supprimé la bauquière en tôle comme faisant double emploi avec ces revêtements; on a fixé le barrot (*pl.* 51, *fig.* 379) par son rivetage avec la tôle gouttière et avec une cornière longitudinale sur laquelle il repose, enfin par de fortes équerres en fer forgé placées sur ses côtés, dont les oreilles sont traversées par des boulons, à écrou noyé dans le bordé. Si le filetage venait à céder, le boulon tiendrait encore un peu par adhérence dans son logement.

Lattes entre barrots. — L'écartement des barrots étant suffisamment maintenu par les tôles gouttières, et les bandes que l'on dispose le long des panneaux, on supprime les entremises; on ne conserve que les élongis des panneaux et des étambrais, que l'on établit comme on le verra dans la construction en fer.

Entre les barrots trop écartés, on place des lattes, de manière à réduire la maille au-dessous de 1 mètre. Les lattes sont formées, soit de barres de cornières (*pl.* 52, *fig.* 380) rivées à leurs extrémités sur les tôles gouttières, au milieu sur les hiloires en tôle des panneaux; soit de lattes en bois (*pl.* 52, *fig.* 381), tenues sur les mêmes pièces par des boulons. La fixité de l'artillerie



actuelle, établie le plus souvent sur châssis à pivot, permet d'alléger beaucoup le pont, dans toutes les parties qui ne reçoivent pas directement ses réactions, et de simplifier la charpente compliquée des anciens ponts en bois.

Cloisons étanches. — Les cloisons étanches en tôle, nécessitées par le besoin de fractionner la cale et de limiter l'envahissement en cas de voie d'eau, sont venues donner une consolidation transversale, au moins égale à celle que fournissaient les anciennes porques. Sans nous occuper ici de la composition de ces cloisons, qui sera décrite plus loin, nous nous bornerons à décrire leur mode d'attache.

Elles sont bordées par un cadre double en cornières (*pl.* 52, *fig.* 382), qui longent la muraille; quand des saillies rapprochées, telles que les vaigres d'empature, ceintures de cale, obligent à compliquer leur forme de nombreux épaulements, on modifie le contour à obtenir, au moyen de cales en bois rapportées sur la membrure.

Les cloisons étanches ne doivent jamais interrompre une liaison longitudinale; les bauquières, tôles gouttières, ceintures, vaigres d'empature doivent toujours être scrupuleusement respectées.

La fixation des cornières de bordure est effectuée par des boulons, distribués à raison d'un par bordage extérieur, et alternativement dans chaque cornière; on la complète au moyen d'un nombre égal de vis, distribuées dans les intervalles des boulons et pénétrant jusqu'à mi-épaisseur de la membrure; la cloison doit donc être placée au droit d'un membre. Deux cornières, rivées à son bord supérieur, remplacent un barrot.

Le nombre des cloisons est très variable; il y en a toujours au moins une à peu de distance de l'étrave, une sur l'avant de la chaufferie, une troisième sur l'arrière des machines. Sur les cuirassés, le nombre en est plus grand, afin de reporter sur les fonds une partie de la charge si considérable, que font subir aux hauts l'artillerie et le blindage; il est bon d'en placer une sous chacune des traverses cuirassées qui limitent le réduit, quand il y en a un.

Quand l'établissement de cloisons complètes n'est pas compatible avec la disposition des emménagements de la cale, on peut les remplacer par des porques (*pl.* 52, *fig.* 383) en tôles évidées et cornières; elles sont interrompues par les tôles qui soutiennent les barrots du faux-pont, et les deux parties sont reliées par un rivetage sur ces tôles et les pannes du barrot.

Emplantures des mâts en tôle. — La facilité de travail du fer, le développement, dans les arsenaux, des ateliers et du personnel consacré à sa mise en œuvre, enfin la rareté toujours plus grande du bois, et surtout des courbes, a conduit dans bien des cas à confectionner en fer différentes parties du navire.

Nous citerons en premier lieu les emplantures, que l'on peut cependant sans difficulté construire avec des pièces de bois, qui sont douées d'une élasticité plus grande, plus propre à résister aux pressions que leur fait subir la mâture. Les figures 384, 385 (*pl.* 52) représentent les emplantures du Lapérouse; elles sont formées d'une caisse rectangulaire en tôle et cornières, posée sur la carlingue, appuyée latéralement et longitudinalement par six taquets en tôle et cornières.

Une emplanture de faux-pont, posée sur un pont en fer, sera très convenablement soutenue (*pl.* 53, *fig.* 386-387-388) par des consoles reportant l'effort sur des épontilles voisines; des entremises rendent le bout du barrot, placé à l'aplomb du mât, solidaire des deux barrots voisins, solidement épontillés.

Tablettes et guirlandes. — Quand les ponts sont en fer, la tablette est supprimée et rem-



placée par les tôles gouttières (*pl.* 53, *fig.* 389), qui viennent, avec leur cornière, contourner l'avant du bâtiment; un couvre-joint réunit les gouttières des deux bords. On peut avantageusement adopter une disposition du même genre pour toutes les guirlandes; déjà nous avons dit que les guirlandes en bois ne pouvaient plus s'exécuter d'une seule pièce dans les navires fins, et qu'on devait les former de pièces d'assemblage, réunies par des armatures en tôle. Il est plus simple encore de les borner à une tôle découpée suivant le contour de la muraille, et fixée sur elle par des cornières plus ou moins robustes.

Pavois à rabattre, sabords. — Citons enfin, comme s'exécutant souvent en tôle, les pavois à rabattre, et les mantelets de sabords.

CHAPITRE VIII.

CONSTRUCTION EN BORDAGES CROISÉS.

Construction en bordages croisés. — La recherche d'une charpente à la fois plus légère et plus solide, que celle que l'on réalise par les procédés indiqués jusqu'ici, a conduit à un autre mode de construction, dit *en bordages croisés*, dans lequel l'importance du bordé, la solidité de la liaison de ses différentes parties sont grandement accrues, ce qui permet de réduire dans une large mesure l'importance de la membrure; celle-ci n'ayant plus à maintenir les bordages en contact, ne sert plus qu'à conserver l'invariabilité des formes, et à fournir des points d'attache aux barrots, aux liaisons longitudinales, et à répartir convenablement les charges. On obtient ainsi une coque plus légère avec une résistance aussi grande, mais au prix d'un travail de main-d'œuvre plus considérable, et par l'emploi de matériaux plus coûteux et soigneusement choisis.

Ce mode de construction est depuis longtemps usité en Angleterre; dès 1830 il était essayé par M. Olliver Lang, directeur des constructions à Chatham; plus tard, l'Osborne et le Victoria and Albert furent construits dans ce système.

En France, il n'a été introduit que plus tard; essayé sur des embarcations (canots à vapeur de $8^m,50$ du type réglementaire), il a été employé par M. Normand sur le Grill, yacht construit pour le roi de Prusse, et plus tard pour un assez grand nombre de bâtiments de la flotte, dont le plus important, la Romanche, de 1,585 tonneaux de déplacement; enfin les arsenaux ont eu, et ont encore à en construire quelques-uns. Aussi quelques détails sur les procédés à employer, et les précautions à prendre, trouveront-ils place dans ce Cours.

Anciennes constructions en bordages croisés. — Dans les constructions déjà anciennes, la membrure conservait encore une assez grande importance; sur le Victoria and Albert (*pl.* 54, *fig.* 390-391-392), elle se composait de deux plans jointifs, espacés de $0^m,762$ de gabariage en gabariage, montant jusqu'au plat-bord dans la partie centrale, et arrêtés de deux en deux à la deuxième allonge, aux extrémités. Les fonds étaient remplis comme à l'ordinaire; il existait quatre virures de galbords renforcés, recevant les abouts de deux plans de bordages obliques, recouverts par un bordé longitudinal. Les revêtements intérieurs étaient supprimés, sauf dans les entreponts; le barrotage en bois était soutenu par des ceintures en bois. Plus tard on a adopté le barrotage en fer, généralement usité aujourd'hui dans ce mode de construction.

La fixation des bordages a été faite au moyen de clous en cuivre, rivés sur virole, système suivi encore aujourd'hui; pour alléger la coque et réduire la dépense, on a aussi essayé des gournables taraudées, qui, ne faisant pas coller les pièces de bordages l'une sur l'autre, ont donné de mauvais résultats.

Dispositions nouvelles. — Sur les bâtiments plus récents, l'espacement des membrures a été augmenté, et porté à 95 centimètres environ ; les deux plans montent jusqu'aux gaillards ; l'un des plans est prolongé jusqu'au plat bord ; aux extrémités on remplace les couples doubles par des couples simples. Les membres sont en chêne et chevillés à la manière ordinaire ; les mailles sont remplies dans les fonds. Le bordé extérieur (*pl.* 53, *fig.* 393-394) se compose de deux couches diagonales et d'une couche longitudinale extérieure, plus épaisse que les précédentes ; les couches diagonales sont en teak ainsi que le bordé longitudinal des hauts ; celui de l'exposant de charge et de fond se fait en chêne, ou en orme, ce qui est moins bon, de nombreux suintements ayant été reconnus sur les bâtiments où ce dernier bois a été employé.

Expériences de résistance. — Il résulte d'expériences faites par M. Normand sur des panneaux en bordages diagonaux (*pl.* 54, *fig.* 395), analogues aux murailles, que le maximum de résistance est obtenu quand l'angle des bordages diagonaux avec la verticale est de 68 degrés. Cependant, pour ne pas trop réduire la résistance transversale, qui n'est pas mise en jeu dans ces expériences, on réduit cette inclinaison à moins de 60 degrés, et on descend même souvent à 45 et 50 degrés.

Disposition et tracé du bordé diagonal. — Les bordés diagonaux aboutissent tantôt à des râblures ménagées pour eux dans la quille (*pl.* 53, *fig.* 393), tantôt le premier à la seconde ou troisième virure de galbord, et le second à la seconde virure suivante du bordé longitudinal (*pl.* 54, *fig.* 396) ; les extrémités des virures diagonales sont tenues en place par les virures longitudinales qui les recouvrent, et on évite le travail de deux râblures.

La mise en place du bordé exige que la surface extérieure soit complètement libre ; aussi, après avoir monté la membrure, la fixe-t-on sur des lisses intérieures préparées dans ce but. Le tracé des virures se fait en plaçant sur la membrure une planche mince de la largeur des bordages, dont l'extrémité supérieure fait avec la verticale l'angle voulu, et que l'on applique par flexion ; on obtient ainsi la direction d'une couture. Un second tracé est fait de la même manière, à une distance normale égale à la largeur de 5 ou 6 bordages, et l'espace intermédiaire est divisé en virures, qui auront assez peu d'épaule, pour qu'on n'ait pas à craindre les ruptures.

On ne s'astreint pas à donner aux bordages qui seront cachés une largeur uniforme ; on tire tout le parti possible des pièces débitées, qui doivent être saines et sans trous, sans dépasser une largeur de 25 centimètres.

Le plan intérieur a son extrémité arrière la plus haute, et vient rencontrer l'allonge de poupe à 45 degrés environ (*pl.* 55, *fig.* 397) ; il est encastré dans une râblure sur l'allonge de poupe, ou vient simplement se clouer sur elle ; le plan intermédiaire, dirigé en sens inverse, se relève à l'arrière du bâtiment, jusqu'à devenir horizontal (*pl.* 55, *fig.* 398), et à former préceinte continue, tout autour du couronnement. On doit donc modifier graduellement le tracé, en se dirigeant vers l'arrière, et rapprocher de l'horizontale les virures supérieures du second plan.

La mise en place des bordages, étuvés ou non, suivant la courbure de la surface et la flexibilité des bois, se fait au moyen de manelles fixées à des tire-fonds vissés dans la membrure ; dans les fonds on les remplace par des arcs-boutants appuyés sur le sol. Quand on ne peut faire le bordage d'une seule pièce, l'écart se place au droit d'un membre, et dans une partie à faible courbure ; on évite de le placer au tournant de la muraille ou bouchain ; la partie du bouchain doit être fournie par une pièce *ca* ou *db* (*pl.* 55, *fig.* 399), et les écarts doivent être disposés de manière à chevaucher d'une virure à l'autre.

Tenue des bordages. — La tenue des bordages du premier plan est assurée par des



clous, enfoncés dans chaque membrure, auprès des faces avant et arrière, pour ne pas gêner le chevillage du plan longitudinal. Il est bon de calfater le premier plan, afin d'en faire un tout solidaire, et d'éviter le glissement longitudinal des virures. On interpose entre le premier plan et le second: 1° une couche de peinture à la céruse appliquée sur le premier plan; 2° un papier huilé; 3° une couche de peinture appliquée sur le papier; 4° une couche de peinture appliquée à l'intérieur des bordages du deuxième plan.

L'application du bordé du deuxième plan se fait comme celle du premier; on doit seulement prendre des précautions, pour ne pas déchirer le papier; les deux plans sont réunis par des rivets (*pl.* 55, *fig.* 400), placés dans les angles horizontaux des losanges formés par les lignes de joint, à 4 centimètres du can. Ces rivets, en cuivre dans l'exposant de charge et les fonds, chassés par l'extérieur et rivés à l'intérieur sur virole, ont la forme de clous carrés à angles arrondis (*pl.* 55, *fig.* 401); on coupe l'excédant de matière, inutile à la rivure; quand la courbure est forte, on ajoute quelques clous enfoncés dans la membrure. On recouvre le second plan d'un mélange de goudron et de brai, puis on interpose entre le deuxième plan et le troisième une couche de feutre animal mince.

La distribution et la mise en place des bordages de ce plan se font à la manière ordinaire; on ligne sur ces bordages les cans des bordages des autres plans, pour avoir un guide dans le chevillage. La tenue est assurée: 1° par une cheville enfoncée dans chaque membre et rivée intérieurement, par deux chevilles plus faibles à chaque écart; leur tête est noyée et recouverte de mastic; 2° par des clous rivés en maille traversant les trois plans, et disposés dans chaque losange, tantôt près de l'angle supérieur, tantôt près de l'angle inférieur. Tout ce travail doit être fait avec grand soin, et on doit assurer un contact exact des plans du bordé entre eux et avec la membrure, contact que les rivets maintiennent, mais ne déterminent pas. Le choix des bois doit être fait avec sévérité, et on doit rejeter pour les deux premiers plans, que l'on ne peut calfater par la suite, tout bordage qui présenterait des fentes ou de gros trous de vers, si communs dans le bois de teak.

Poids de coque. — Moyennant ces précautions, et une main-d'œuvre coûteuse, on obtient des coques d'une belle apparence, d'une grande légèreté, mais dont les réparations sont presque impossibles, à moins de dépenses considérables. Le poids de coque des petits bâtiments construits dans ce système est d'environ 45 0/0 (Dumont d'Urville, 876 tonneaux, 44,5 0/0; — Hussard, 896 tonneaux, 43,5; — La Bourdonnais, 794 tonneaux, 46,5). Pour des bâtiments plus grands, il diminue notablement (Romanche, 1,585 tonneaux, 39 0/0).

CHAPITRE XIX.

POIDS DE COQUE. — ÉCHANTILLONS. — JAUGEAGE.

Résistance et légèreté de la coque. — La solidité de la coque n'est pas le but unique des préoccupations de l'ingénieur, qui doit, en outre, s'attacher à la réaliser sans excès de poids. Toute augmentation du poids de la coque amène une réduction de l'armement; cette diminution, qu'on la fasse porter sur la cargaison, sur l'approvisionnement en vivres ou en charbon, sur la machine, sur l'artillerie, sera toujours un amoindrissement de la valeur commerciale ou militaire du navire.

Il n'est pas possible de régler les échantillons des pièces de la charpente d'après les efforts qu'elles ont à subir; nous ignorons les directions et les intensités, variables à chaque instant, des forces extérieures, qui agissent sur le navire, et, quand même nous parviendrions à les connaître, il s'en faudrait de beaucoup que nous pussions déterminer l'action qu'elles ont sur chacune des pièces. Eussions-nous même des méthodes pour y arriver, la multiplicité des pièces en rendrait le calcul inabordable. On devra donc se borner à enregistrer des résultats d'ensemble, permettant de comparer les coques existantes, et à en déduire des données utiles pour celles à construire.

Échantillons de la flotte à voiles. — Dans l'ancienne flotte à voiles, une longue pratique avait permis d'arriver à une solidité suffisante, et à des dispositions telles, qu'aucune pièce ne pouvait être notablement réduite, sans que l'économie de l'ensemble ne fût altérée. Les échantillons des types alors en usage ont été réglementés par le Devis d'échantillons des bois du 1er février 1837; toutes les dimensions des pièces de bois y sont cotées, rien n'est laissé à l'arbitraire. Quoique les navires actuels n'aient plus que des rapports éloignés avec ceux de cette époque, on peut encore y trouver des renseignements intéressants. Le chevillage n'a subi aucune réglementation analogue; on s'est borné à s'en rapporter à des usages locaux, qui diffèrent de port à port.

Échantillons actuels. — Depuis 1837, la variété très grande des types qui ont été créés n'a permis aucune réglementation; chaque ingénieur a dû chercher dans les constructions antérieures des indications générales pour l'établissement de ses projets. Pour cette étude, on peut envisager les différentes pièces de la charpente comme ayant trois destinations principales.

Les premières, telles que les couples, porques, barrots, cloisons, ont surtout pour but de résister aux déformations transversales, causées par les poids de la charpente et du chargement, la poussée de l'eau, les forces d'inertie développées par le roulis. On peut admettre que pour deux navires ayant des maîtres-couples de même développement et d'acuité analogue, on doit donner

16

à l'ensemble de ces pièces une résistance égale à la flexion. Ainsi, en désignant par D l'échantillon sur le droit des membres, par T l'échantillon sur le tour et par Δ la distance de gabariage en gabariage, on pourra conserver constant, sur deux navires de même maître-couple, le rapport :

$$\frac{DT^2}{\Delta},$$

qui représente la résistance de la membrure, prise dans son ensemble, à un effort tendant à en modifier la courbure.

D'autres pièces, telles que la quille, la carlingue, les marsouins, bauquières, préceintes, vaigres obliques, résistent principalement aux efforts longitudinaux d'arc et de contre-arc. On devra les proportionner d'après les dimensions des pièces correspondantes des navires de même longueur.

D'autres enfin, telles que le bordé extérieur, le bordé des ponts, résistent surtout à des pressions locales, dont l'action est d'autant plus destructive, que leurs points d'appui sont plus éloignés ; on devra donc les proportionner d'après des bâtiments, dans lesquels la maille, soit entre membres, soit entre barrots, est la même.

Le chevillage peut être l'objet de considérations analogues ; ainsi, le chevillage des couples devra être proportionné aux dimensions des membres, et à la longueur des empatures, c'est-à-dire au développement du maître-couple, la distribution des membres variant peu sur des navires de même maître-couple. De même, les chevilles des liaisons longitudinales devront être proportionnées aux échantillons de ces liaisons.

Poids de coque.— La donnée générale, d'après laquelle on estime le plus souvent la solidité d'une coque, est le rapport de son poids au déplacement total. Il est évident, tout d'abord, que ce terme de comparaison n'aura quelque valeur qu'entre des navires construits avec les mêmes soins, la même perfection dans les assemblages, la même qualité de matériaux. En second lieu, ce terme de comparaison manque de précision. Des additions au chargement, une augmentation de l'artillerie, des vivres, du charbon peuvent venir altérer ce rapport, sans que la coque soit en rien modifiée; on croira alors à une construction plus légère, quoiqu'en réalité il n'en soit rien ; pour les navires de commerce principalement, pour lesquels les poids d'armement sont faibles, et dont la cargaison varie sans cesse, le rapport du poids de coque au déplacement cesse d'avoir aucune signification.

Le poids de coque est assez difficile à établir avec précision. On peut, il est vrai, le calculer, en faisant le cube de tous les bois entrant dans la construction, dont on peut apprécier la densité, au moyen de témoins placés dans les mêmes conditions de dessiccation qu'eux, et en y ajoutant les poids de tous les objets métalliques, relevés au moment de la mise à bord. Généralement, on se borne à calculer le déplacement au moment du lancement, au moyen du relevé des tirants d'eau; mais il faut ajouter au chiffre trouvé le poids de tous les objets appartenant à la coque à mettre à bord, et en retrancher le poids des outils, établis, ouvriers, toiture mobile, ancres, approvisionnements de toute nature existant à bord au même instant, et étrangers à la coque.

Le poids, ainsi calculé avec tout le soin possible, est très inférieur au poids réel. Au moment du lancement, tous les bois sont secs ; au bout de quelque temps d'immersion, ils s'imbibent d'eau de mer, et l'augmentation qui en résulte peut atteindre 8 à 10 0/0. On pourrait, il est vrai, différer le calcul du déplacement jusqu'à ce que l'imbibition fût complète ; mais alors les travaux d'installation et d'armement sont commencés, et le navire renferme de nombreux objets étrangers à la coque, dont l'évaluation des poids entraîne de fortes incertitudes.

Poids de coque des navires à voiles. — Sur les navires à voiles, le poids de coque était en général de 48 à 50 0/0 du déplacement.

NOMS des BATIMENTS (1).	ESPÈCE des BATIMENTS.	POIDS DE LA COQUE avec les emménagements et les objets d'attache.	DÉPLACEMENT TOTAL en charge.	RAPPORT du POIDS DE LA COQUE au déplacement total.
		tx	tx	
Montebello	Vaisseau de 120 canons	2600	5081	0,511
Turenne	— de 100 —	2121	4440	0,477
Breslau	— de 90 —	1930	4058	0,475
Andromaque	Frégate de 60 —	1200	2464	0,487
Alceste	— de 2e rang	1060	2219	0,480
Héliopolis	— de 3e rang	816	1719	0,474
Galathée	Corvette à batterie couverte	600	1120	0,535
Lapérouse	Brick de 20 canons	279	535	0,508
Railleur	— de 16 —	166	320	0,500

(1) Extrait du *Traité de construction navale* de M. de Fréminville.

On remarquera que le poids de coque varie peu du plus grand au plus petit de ces navires ; il en résulte que ces derniers sont, au point de vue de la solidité, dans des conditions beaucoup meilleures. Si, en effet, on passe d'un grand navire à un petit, les efforts décroissent comme les volumes, c'est-à-dire proportionnellement au cube du rapport de similitude, et les moments proportionnellement à la quatrième puissance de ce même rapport; les résistances des différentes pièces décroissent comme les produits des carrés de leur hauteur par leur largeur, ou proportionnellement au cube du rapport de similitude. Le rapport des moments de rupture aux résistances qui leur sont opposées augmente donc en passant des grands navires aux petits. Ainsi si l'on diminue de moitié toutes les dimensions, les moments de rupture sont réduits au seizième de leur valeur primitive, tandis que les résistances sont réduites au huitième; la charge par unité de surface est donc moitié de ce qu'elle était précédemment.

C'est pour cette raison que les vaisseaux à voiles fatiguaient beaucoup à la mer, étaient peu propres aux campagnes lointaines, hors des mers d'Europe, tandis que les frégates et les corvettes supportaient facilement les mers les plus dures et les campagnes les plus longues. Il est, du reste, à remarquer que les poids de coque, au lieu de diminuer avec la taille des navires, comme il eût été naturel de chercher à le faire, pour obtenir une résistance uniforme, croissaient légèrement, au contraire, à mesure qu'on passait des grands navires aux petits.

L'augmentation du poids de coque des petits navires provient, en premier lieu, de ce que les formes extérieures ne sont jamais semblables; l'œuvre morte, qui est la partie la plus légère, entre pour une beaucoup plus large part dans le poids d'un vaisseau que dans celui d'un brick. En outre, bien des parties de la charpente, bordé de carène, bordé des ponts, chevillage, ne peuvent descendre au-dessous d'un certain minimum, dépendant de l'usure que ces parties subissent, des efforts ou des chocs que leur mise en place nécessite.

Poids de coque des navires modernes. — Sur les navires modernes, en dépit de leur



allongement, qui nécessite une solidité plus grande, on est arrivé à réduire sensiblement le poids de coque. Il était indispensable d'y arriver, puisqu'on devait leur faire porter une machine, des approvisionnements de charbon, souvent un blindage, et que la suppression du lest et d'une partie des vivres, la réduction de la mâture ne suffisaient pas à fournir l'allégement nécessaire.

Voici les poids de coque de quelques navires récents :

NOMS DES BATIMENTS.		DÉPLACEMENT.	POIDS DE COQUE.	RAPPORT du POIDS DE LA COQUE au parallélipipède circonscrit (*Llc*).
		tx	0/0	
CUIRASSÉS (1).	Flandre	5753	43	0,166
	Alma	3389	48	0,177
	Bayard	5582	44	0,170
CROISEURS	Vénus	2750	51,7	0,172
	Châteaurenault	1879	45,7	0,168
	Desaix	1684	47,9	0,163
	Infernet	1940	44,5	0,144
	Sané	1963	42,9	0,146
	Lapérouse	2139	47	0,155
	Talisman	1333	49,4	0,160
	Rigault de Genouilly	1769	49,6	0,164
	Hirondelle	1162	48,1	0,145
	Bouvet	779	51,8	0,171
	Dumont-d'Urville	851	42,6	0,139
CANONNIÈRES	Gladiateur	482	55,4	0,267
	Lion	473	46,9	0,175
	Capricorne	451	45,4	0,170
	Crocodile	450	50	0,197
	Décidée	413	50,4	0,280
TRANSPORTS	Intrépide	5160	51,1	0,172
	Aveyron	3973	51,3	0,171
	Cher	1531	51,7	0,201
	Allier	1659	47	0,180

(1) Le poids de coque comprend le matelas, mais non la cuirasse et ses attaches.

On reproche au poids de coque d'être un mode de comparaison inexact, les œuvres mortes plus ou moins développées ayant une importance considérable, dont le poids de coque ne rend pas compte. On aura une donnée plus exacte en calculant le rapport du poids de coque en tonneaux au parallélipipède circonscrit, produit du creux, de la longueur entre perpendiculaires et de la largeur hors bordages, exprimé en mètres cubes, ce qui donne pour les navires qui précèdent les chiffres inscrits dans la quatrième colonne.

On remarquera que le classement des navires, comme légèreté, varie selon que l'on se base sur l'un ou l'autre de ces étalons ; on remarquera, en particulier, que les transports, qui paraissent lourds, si on en juge d'après le poids de coque, sont en réalité légers, si on fait entrer en ligne de compte le développement d'œuvre morte, qui leur est nécessaire pour loger en quantité suffisante les hommes et les chevaux.

Pour avoir un terme de comparaison tout à fait irréprochable, il faudrait éliminer l'influence

de la finesse des formes, et rapporter le poids de coque à la capacité totale du navire, calculée par les méthodes de jaugeage actuellement adoptées.

Allégement de la charpente. — L'allégement réalisé dans la charpente des navires en bois est d'autant plus remarquable, que les derniers construits, principalement parmi les croiseurs, ont des dimensions beaucoup moins favorables à la solidité que les anciens navires à voiles. Ainsi, le rapport de la longueur à la largeur variait de 3,70 sur les vaisseaux à 3,77 sur les frégates, 3,89 sur les corvettes à voiles; ces nombres atteignent 7 et même 7,20 sur des croiseurs tels que l'Infernet. Sur les frégates à voiles, le rapport de la longueur entre perpendiculaires au creux, pris jusqu'aux gaillards, variait de 5,6 à 5,9; le même rapport est de 11,2 sur le Rigault de Genouilly, de 12 sur l'Infernet. Si l'on met en regard de ce changement de proportions la réduction à une valeur insignifiante de l'arc, on pourra à bon droit s'étonner des progrès accomplis.

Les procédés employés pour les réaliser sont de natures très diverses. Nous citerons, en premier lieu, l'écartement plus considérable des membres. Dans la flotte à voiles, la maille était limitée de manière à ne pas donner passage à un projectile du calibre le plus employé, le 30, qui avait 16 centimètres de diamètre; la maille variait de 9 à 12 centimètres; d'après les dispositions adoptées pour les couples de remplissage, le rapport du vide au plein était de 12 0/0 pour les vaisseaux, 28 0/0 pour les frégates, 40 0/0 pour les corvettes.

Sur des croiseurs à vapeur, on a atteint des chiffres bien plus élevés. Sur le Lapérouse, le rapport du vide au plein est de 58 0/0, sur le Chasseur, de 75 0/0; enfin, sur le Rigault de Genouilly, il atteint 84 0/0, et ces navires, soumis aux fatigues ordinaires de la navigation et aux secousses d'une machine puissante, ne paraissent pas avoir donné signe de fatigue.

Un second point, sur lequel l'attention doit se porter dans l'étude d'une construction, si on veut la faire légère et solide à la fois, c'est la réduction des échantillons aux extrémités. La résistance de la partie milieu étant supposée suffisante, il est évident que si on conservait à toutes les pièces similaires les mêmes échantillons, sur toute la longueur du navire, on aurait un excès de force complètement inutile. Presque tous les devis d'échantillons des navires construits dans ces dernières années stipulent pour la membrure, le bordé et les liaisons longitudinales, des réductions progressives vers les extrémités, qui diminuent le poids dans des parties où il est d'autant plus utile de le faire, que celui-ci n'est équilibré que par une poussée très insuffisante.

L'attention devra en outre être éveillée, pendant tout le cours de la construction, sur la nécessité de ne remplir la maille qu'aux points où on ne pourra absolument pas s'en dispenser. Les poids de ces remplissages, peu importants isolément, finissent par donner un total notable, si on ne tient pas strictement la main à ce qu'on fasse passer dans les membres toutes les chevilles qui peuvent y trouver place, à ce qu'on ne perce dans la coque que le nombre de trous strictement nécessaire. On évitera aussi les pièces massives, que l'on est trop souvent tenté de placer comme carlingues de l'appareil moteur; on restreindra, autant que possible, les remplissages et entremises entre barrots pour l'attache des bittes, bittons, etc...

On a vu, dans le chapitre précédent, comment, par l'emploi de la construction en bordages croisés, on est parvenu à une légèreté exceptionnelle. Les lattes et le vaigrage oblique dérivent du même principe, qui est susceptible de nombreuses applications.

Enfin, nous pourrons ranger au nombre des procédés permettant d'alléger les coques, l'emploi du fer. Il ne faudrait pas, cependant, tomber dans l'excès, et se figurer que toute pièce de bois peut utilement être remplacée par une tôle, une cornière ou un fer profilé. L'avantage du fer est



surtout de permettre la continuité de la résistance, par le rivetage aux écarts de couvre-joints, les trous percés pour les rivets ne réduisant guère qu'à 75 0/0 la résistance initiale. Pour le bois, au contraire, il faut la juxtaposition de deux cours de pièces parallèles, pour obtenir la résistance à la traction de l'une d'elles. Les charges auxquelles on peut faire travailler le fer et le bois de chêne étant à peu près 6 kilogrammes et 750 grammes par millimètre carré, les densités respectives étant 7,8 pour le fer et 0,900 pour le bois, chevillage compris, on voit que les poids de fer et de bois nécessaires pour résister à un même effort P seront :

Pour le fer. . . . . $\frac{P}{6 \times 0,75} \times 7,8$

Pour le chêne. . . . . $2\frac{P}{0,75} \times 0,9$

et que le poids du fer à employer sera environ les $\frac{72}{100}$ de celui du bois.

Le principal inconvénient du fer, c'est qu'il est difficile de le mettre dans des conditions rationnelles de travail en le juxtaposant avec le bois, doué de propriétés élastiques très différentes, et d'un allongement beaucoup plus considérable, exagéré encore par le jeu que prennent les chevilles, si juste qu'ait été leur logement à l'origine.

Veritas. Lloyd. — Les échantillons des navires de commerce ne sont réglementés que par des usages, qui ont été modifiés et améliorés par des sociétés, qui se chargent d'inspecter leur construction, et de fournir des renseignements propres à éclairer les armateurs, chargeurs et assureurs sur la qualité des navires qui leur sont présentés. Le constructeur d'un navire est libre de ne pas se soumettre aux prescriptions de ces sociétés, de fixer les échantillons et le mode de travail à son gré ; mais il enlève ainsi à sa construction une grande partie de sa valeur vénale, en ne lui donnant pas la garantie d'une de ces grandes sociétés, telles que le Veritas, en France, le Lloyd's Register, en Angleterre, qui ont sous leur surveillance la majeure partie de la flotte commerciale.

Le rôle de ces sociétés ne se borne pas à surveiller la construction ; elles suivent le navire par des inspections périodiques, l'examinent à chaque réparation, et se tiennent au courant de son état d'entretien ; elles sont à même de fournir des détails circonstanciés sur toute sa carrière.

Le Veritas cote séparément la coque et les accessoires de coque.

Les cotes sont 3/3, 5/6, 3/4, 2/3, 1/2 ; à la suite de la cote se trouvent deux chiffres, de 1 à 3 : le premier se rapporte à la coque, le second aux accessoires de toute espèce et au gréement. 1 signifie parfait, 2 et 3 indiquent une usure ou une imperfection plus ou moins grande. Un navire coté 3/3 ne peut avoir ni 2 ni 3 comme chiffres partiels de la coque et des accessoires.

La durée de la cote 3/3 est fixée d'après la qualité des bois employés ; il peut être accordé des années additionnelles, si le navire a été construit avec des soins, ou sous une surveillance particulière.

La cote définie ci-dessus est précédée, dans le registre qui résume les renseignements ournis par la société, d'un ou deux nombres indiquant le type auquel appartient le navire, et le terme pour lequel il est coté ; enfin, une lettre ou marque de navigation définit le service que le navire peut faire avec sécurité. Ces lettres sont : I, intérieur, fleuves et canaux ; P, petit cabotage ; M, Méditerranée ; G, grand cabotage ; A, Atlantique, Pacifique, mer des Indes ; L, long cours. Ainsi les principales indications du registre seront les suivantes :

✠ N.	12.70	14	3/3	1.1

Ce navire, construit sous une surveillance spéciale, indiquée par une croix, a été coté à partir de décembre 1870. Il est du type des 14 ans; à la fin de 1884, il a dû subir une visite spéciale, et, s'il a été trouvé en bon état, a pu être coté de nouveau pour bon, de la manière suivante, pour un nouveau terme de six ans :

✠ N.	12.84	14-6	3/3	1.1

Au bout de ces six ans, il ne pourra plus obtenir que quatre ans, avec la cote 3/3 :

✠ N.	12.90	14-4	5/6	1.1

Et ainsi de suite.

La classification du Lloyd comprend cinq cotes désignées par des lettres :

A, navires neufs, construits suivant les règles du Lloyd; la durée de leur cote est réglée d'après les essences plus ou moins durables employées aux diverses parties de la construction. Le navire peut continuer à recevoir la cote A, ou la recevoir de nouveau, s'il subit certaines inspections et certaines réparations; la nouvelle période est plus courte que la première (tiers, moitié ou deux tiers).

A rouge, navires qui ont dépassé ces diverses périodes, ou n'ayant jamais été classés, mais reconnus bons pour le transport des marchandises sèches et périssables pour des voyages lointains.

Æ, E, I, cotes inférieures.

Dans l'un et l'autre règlement, à la moitié de la période assignée pour le classement, les navires doivent être soumis à l'examen des experts.

Les échantillons et le matériel d'armement sont fixés par le Lloyd d'après le tonnage brut en dessous du pont supérieur, sans déduction pour le logement de l'équipage et l'espace occupé par l'appareil moteur; pour les bâtiments ayant des teugues, dunettes ou autres constructions sur le pont, l'armement est réglé, non d'après le tonnage brut, mais d'après le tonnage officiel.

Le Bureau Veritas fixe les échantillons de la coque et de l'armement d'après le *nombre* obtenu en multipliant le produit des trois dimensions principales mesurées intérieurement par le coefficient 0,70, ce qui donne approximativement le volume intérieur de la coque; ce volume est augmenté pour la fixation du calibre des ancres et chaînes des deux tiers du volume des constructions élevées sur le pont supérieur ; le total est diminué d'un tiers si le navire est à vapeur.

Des consolidations spéciales, telles que lattes diagonales, renforcement des préceintes, sont exigées par le Lloyd pour les bâtiments construits en sap, ou dont la longueur excède 5 fois la largeur ou 8 fois le creux. Le Veritas exige des renforts analogues, quand la longueur dépasse 10 fois le creux.

Des règles très circonstanciées pour les conditions de surveillance, le mode de procéder dans les visites, la nature et les échantillons des matériaux sont publiées par ces sociétés; nous n'entrerons pas dans leur détail, qui serait un peu confus ; nous nous contenterons de signaler quelques pratiques qui s'écartent des usages des arsenaux.

Un supplément de cote est alloué aux bâtiments dans lesquels les membres et les barrots ont été soumis à l'action du sel marin, placé dans des cavités ménagées à cet effet sur les barrots et aux empatures, auquel on attribue une conservation meilleure des bois.

Le remplissage des fonds n'est pas exigé; la maille (1) (V) ne doit pas dépasser la moitié

(1) (V) Veritas, (L) Lloyd.



de l'échantillon de la membrure. L'échantillon sur le droit diminue en même temps que l'échantillon sur le tour à partir de la varangue (L). Le rapport de la maille au plein diminue au fur et à mesure que l'échantillon augmente, de $\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{4}$ (L). L'emploi des cales de croisement, aux abouts des membres, est recommandé (L).

Les pièces de fourrure de gouttière doivent être écarvées. Des virures renforcées, dites de *bouchain*, doivent être placées extérieurement, en face des vaigres d'empature. Le bordé extérieur se compose de pièces ayant 7 mètres au moins, et se décroisant de 1^{m}, 53 dans deux virures consécutives ; il en est de même pour le vaigrage : trois virures doivent passer entre deux écarts situés sur le même membre (L). Le bordé et les vaigres sont réduits d'épaisseur sur $\frac{3}{5}$ de la longueur, et arrivent, aux extrémités, à n'avoir plus que les $\frac{4}{5}$ des épaisseurs fixées (V).

Il n'existe pas de courbes à tous les barrots; le nombre en est fixé d'après le *nombre* des bâtiments; l'écartement des barrots ne dépasse pas 1^{m}, 22; il est de 1^{m}, 52 s'il y a des barrotins (V), 1^{m}, 22 et 1^{m}, 37 suivant les cas (L).

Le chevillage à bout perdu est admis; pour les talons des couples en particulier, il suffit qu'un tiers des chevilles traversent, et soient rivées sous la quille (V).

La durée de la cote est réduite, si le navire, quoique doublé en cuivre, est chevillé et cloué en fer.

Jaugeage. — On a vu précédemment que l'expression du poids de coque, rapporté au déplacement, présente une certaine indétermination, le déplacement étant éminemment variable, surtout pour les navires de commerce. Ceux-ci ont fréquemment à acquitter des droits de douane, des taxes de navigation et de transit, qui, pour être équitables, doivent être proportionnés aussi exactement que possible à leur valeur commerciale, ou, ce qui revient au même, à leur capacité de transport. C'est sur la même base que s'établissent les différents traités relatifs au navire, tels que constitution d'hypothèques, ventes, contrats d'assurance, chartes-parties. Le jaugeage a aussi son importance, mais en sens inverse, dans le calcul des primes attribuées à la marine marchande par la loi du 29 janvier 1881.

Cette capacité de transport, appelée *tonnage*, représente la quantité de marchandises que le navire est susceptible de recevoir ; le chargement pouvant se composer de matières plus ou moins encombrantes, la flottaison peut varier entre des limites assez étendues, suivant les mers que l'on a à traverser. Par suite le tonnage est basé, non sur le poids, mais sur le volume des marchandises, ou sur le cube des capacités intérieures.

Anciennes ordonnances relatives au jaugeage. — L'ordonnance de 1681 déterminait le tonnage en unités de 42 pieds cubes, appelées *tonneaux d'encombrement ;* le volume intérieur de la cale en pieds cubes, divisé par 42, donnait le tonnage. Ce volume de 42 pieds cubes était l'encombrement moyen de 4 barriques de Bordeaux, pesant environ 2000 livres. Mais en réalité le poids que l'on pouvait charger variait avec la densité plus ou moins grande de la marchandise.

D'après la loi du 12 nivôse an II, le tonnage s'obtenait en prenant le produit des trois dimensions intérieures en pieds, et en le divisant par 94. On admettait implicitement que le volume intérieur du navire était, sur tous les navires, les $\frac{446}{1000}$ du parallélipipède circonscrit aux dimensions intérieures. L'unité de tonnage de 42 pieds cubes correspondait donc à une portion du produit des trois dimensions égale à :

$$\frac{42}{0,446} = 94,1$$

et c'est pour cette raison qu'on adopta le diviseur 94.

L'ordonnance du 28 novembre 1837 a substitué aux mesures anciennes les mesures métriques; en même temps on prenait pour le rapport, supposé constant, du volume réel au parallélipipède circonscrit, non plus 0,446, mais 0,377, par suite de la finesse plus grande des navires.

Dans ces conditions, l'unité de longueur des trois dimensions principales *a b c* étant devenue le mètre, c'est-à-dire 3pi,078, il fallait, en conservant la capacité comme mesure du tonnage, au lieu de prendre :

$$\frac{abc}{94} \ (^*),$$

prendre :

$$\frac{\frac{a'b'c' \times 3,078^3}{42}}{0,377} = \frac{a'b'c'}{3,80} \ (^{**}).$$

Ce mode de jaugeage ne comprenait pas dans le tonnage les constructions, telles que teugues, dunettes, roofs, élevées sur les gaillards, et utilisables, soit pour les marchandises, soit pour le logement des passagers.

Le tonnage des bâtiments à vapeur, fixé par les ordonnances des 28 novembre 1837 et 18 août 1839, est les $\frac{60}{100}$ du tonnage établi par la règle précédente.

Les règles de jaugeage, que nous venons d'indiquer sommairement, avaient toutes l'inconvénient de donner pour les capacités utilisables un nombre plus ou moins inexact, selon que le navire s'écartait plus ou moins des proportions généralement admises lors de la rédaction de l'ordonnance. La tendance générale, depuis l'adoption de la navigation à vapeur, a été la réduction des dimensions transversales, et l'accroissement de la finesse, qui diminuent la capacité utilisable, sans réduire dans la même proportion le tonnage, et les droits auxquels il sert de base. Il y avait donc discordance entre les intérêts de l'armateur au point de vue des droits de toute espèce, et les perfectionnements, que les progrès de la construction lui prescrivaient de rechercher.

La déduction uniforme de 40 0/0 peut être également l'objet de critiques, en ce qu'elle place sur le même pied les navires à grande et à petite vitesse; on doit d'ailleurs remarquer qu'elle est un encouragement donné à la navigation à vapeur, les voiliers ne jouissant d'aucune déduction pour leur appareil moteur; mais cet encouragement n'était pas établi d'une manière équitable. Les perfectionnements apportés graduellement aux appareils moteurs ont permis de réduire dans une forte proportion le poids et l'encombrement des machines et chaudières, la consommation de charbon; actuellement l'encombrement de cet ensemble tombe souvent au-dessous de 25 0/0, et l'armateur bénéficiait à deux titres différents de sa réduction.

Les roofs, teugues et dunettes de grande dimension n'entraient pas dans l'évaluation du tonnage français; il n'en était pas de même dans la plupart des pays étrangers, de sorte qu'un navire français payait à l'étranger, toute proportion gardée, des droits plus élevés que ceux qu'un navire étranger de même taille eût payés dans un port français.

La réforme du jaugeage, et la création d'un mode de jaugeage international, réclamées à diverses époques, prirent le caractère d'une nécessité absolue le jour où, le canal de Suez devenant une route commune à toutes les nations, il fallut rendre équitable la base de perception des droits, sans que le temps du transit permît des vérifications de quelque durée. On adopta, d'une manière à peu près complète, la jauge anglaise ou jauge Moorsom.

(*) *abc* sont mesurés en pieds.
(**) *a'b'c'* sont mesurés en mètres.

Ancienne règle anglaise de jaugeage. — L'ancienne règle de jaugeage, adoptée en Angleterre jusqu'en 1836, et connue encore sous le nom de *Builders old measurement*, se formule ainsi :

« Multiplier la longueur prise pour le tonnage par la largeur et par la moitié de la largeur, et diviser le produit par 94 (1). »

La longueur pour le tonnage s'obtient en prenant la longueur comprise entre la face avant de l'étrave sous le beaupré et la perpendiculaire qui passe à la face arrière de l'étambot, à sa rencontre avec la barre d'hourdy; cette longueur, prise au gaillard ou au pont intermédiaire, selon que le navire a 2 ou 3 ponts, est diminuée des $\frac{3}{5}$ de la largeur, et le reste est la longueur pour le tonnage.

Si L est la longueur, B la largeur, on a :

$$\text{Tonnage (B.O.M.)} = \frac{\left(L - \frac{3}{5} B\right) B . \frac{B}{2}}{94}.$$

Pas plus dans ce mode de mesurage que dans le système français, on ne s'occupe des superstructures; dans le Builders measurement on ne tenait même pas compte du développement plus ou moins grand des œuvres mortes, et on admettait implicitement un creux proportionnel à la largeur. Le tonnage n'avait pas de rapport direct avec la capacité utilisable; l'armateur était incité à l'accroître en augmentant le creux, ce qu'il pouvait faire à son gré sans accroître la jauge de son navire, mais non sans nuire à ses qualités nautiques. En 1836, on adopta le principe de l'évaluation du cube intérieur, en y comprenant les superstructures, et en faisant une déduction pour la chambre des machines; le *Merchant Shipping Act* de 1854 est venu modifier ce premier mode de jaugeage rationnel, et a formulé des règles connues sous le nom de Méthode Moorsom. Le résultat brut du mesurage est appelé *Gross Register Tonnage*, et le résultat, après les déductions relatives à l'espace occupé par l'équipage et l'appareil moteur, *Register Tonnage*.

Mode de jaugeage actuel. — Deux décrets, des 24 décembre 1872 et 24 mai 1873, et une instruction détaillée du 28 mai 1873, ont fixé la méthode française dans tous ses détails.

Si l'on défalque du décret fondamental du 24 mai 1873 les deux dernières sections, relatives à des mesures transitoires, on trouve deux règles de mesurage applicables, l'une aux navires vides, l'autre aux navires chargés, et une règle relative aux déductions des appareils moteurs.

Règle pour les navires vides. — Le volume intérieur à mesurer se décompose en volume principal, volume des entreponts, volume des superstructures.

Volume principal. — Le volume principal se calcule en prenant par la méthode de Simpson la surface d'un certain nombre de sections équidistantes, et en faisant la sommation des surfaces d'après la même méthode. Le nombre des sections varie de 5 à 13 suivant la longueur, celui des largeurs mesurées dans chaque section varie de 5 à 7.

Les bases de ce mesurage sont la longueur du pont de tonnage, dont la division par le nombre de sections, diminué de 1, donne leur équidistance, et le creux ou hauteur sous ce pont.

Le pont de tonnage est le second que l'on rencontre à partir du fond de la cale; on ne compte pas les barres sèches pour un pont, à moins qu'elles ne soient recouvertes d'un bordé mobile.

La longueur du pont de tonnage se mesure sur la face supérieure du pont, de tête en tête et en dedans du vaigrage. La longueur est prise au ruban, sur la surface du bordé, sauf le cas de ton-

(1) L'unité est le pied anglais.

ture très prononcée, dépassant 5 0/0 de la longueur. On en retranche des quantités égales à la quête de l'étrave et à celle de l'étambot, multipliées par l'épaisseur du bordé, afin d'avoir la longueur nette sous bordé ; à l'arrière on ajoute à l'épaisseur du bordé le tiers du bouge du barrot, et c'est ce total que l'on multiplie par la quête pour avoir la déduction.

A chacune des sections, on mesure le creux à partir des vaigres de fond, jusqu'au-dessous du bordé du pont; on en retranche le tiers du bouge du barrot. On mesure ensuite 5 ou 7 largeurs numérotées à partir du pont de tonnage, qui serviront au calcul de la surface de la section. Dans ce mesurage, on tient compte de l'épaisseur normale du vaigrage, et non des surépaisseurs qu'il peut présenter; le vaigrage à claire-voie des navires en fer est considéré comme un vaigrage complet.

Si les navires ont un water-ballast au-dessus des varangues, il est tout entier compris dans le mesurage; s'il est limité à un plafond plus élevé que les varangues, il n'y est compris que pour la partie dont il les dépasse. Enfin si le water-ballast est tout entier compris dans la varangue, il n'entre pas dans le mesurage.

S'il y a des varangues surélevées de distance en distance, c'est à partir de la varangue normale, la plus basse, que l'on prend la hauteur.

Pour les navires non pontés, le volume principal se mesure jusqu'au can supérieur des bordages.

Constructions supérieures. — Pour les entreponts supérieurs, quand il y en a, on mesure la longueur à mi-hauteur; on la divise comme on l'a fait pour le pont de tonnage; on mesure la largeur moyenne de chaque section et la hauteur moyenne entre bordés.

Pour les autres superstructures, telles que teugues, dunettes, claires-voies, on mesure la longueur moyenne, la largeur aux extrémités et au milieu, enfin la hauteur moyenne. Si la section horizontale était très courbe, on évaluerait le volume en plusieurs opérations partielles. Ces constructions n'entrent dans le calcul que si elles sont fermées d'une manière complète et permanente.

On ne comprend pas dans le tonnage :

1° Le logement de l'équipage, c'est-à-dire des maîtres et des matelots (*a*) (jusqu'à concurrence de $\frac{1}{20}$ du tonnage total), ainsi que le logement du cuisinier, sur les navires ne transportant pas de passagers. Les logements du capitaine et des officiers ne sont pas déduits; la cabine du médecin est déduite, mais on ne déduit pas les carrés, bureaux, salles de bain. La déduction s'étend aux claires-voies, quand elles éclairent un logement déduit;

2° La cabine de la cuisine (*b*);

3° Les bouteilles de l'équipage et des passagers (*c*) (à raison au maximum d'une pour 15 personnes);

4° Les abris installés sur les gaillards pour protéger les passagers pendant les courtes traversées.

Le résultat de ces mesurages, toute déduction faite, divisé par $2^{m^3},83$ (cube de 100 pieds cubes anglais), donne le tonnage officiel des navires à voiles, et le tonnage brut des navires à vapeur.

Règle pour les navires chargés. — On mesure : 1° la longueur L sur le pont supérieur, de la face intérieure du vaigrage, près de l'étrave, jusqu'à la face arrière de l'étambot; 2° la plus grande largeur *l* hors bordé et hors préceintes; 3° au moyen d'une chaîne, le contour *c* correspondant à la plus grande largeur, pris jusqu'à la hauteur du dessus du pont des gaillards.



Le tonnage est donné par l'expression

$$\frac{\left(\frac{l}{2}+\frac{c}{2}\right)^2 \times L \times \begin{matrix}0{,}17 \text{ si le navire est en bois} \\ 0{,}18 \text{ si le navire est en fer}\end{matrix}}{2{,}83}$$

Le cubage des constructions supérieures, et les déductions se font comme dans le cas précédent.

Déduction pour les navires à vapeur. — La déduction, qui ne peut dépasser 50 0/0, même pour les remorqueurs, comprend les espaces occupés par l'appareil moteur et les soutes à charbon, à la condition qu'elles puissent desservir directement la chambre de chauffe. Le cubage est fait isolément pour chacun de ces espaces, ou ils peuvent être cubés ensemble suivant les circonstances; les volumes terminés par des plans, et le tunnel de l'arbre sont mesurés par le produit des trois dimensions moyennes; quand il s'agit d'une tranche ou portion de tranche de navire, on opère au moyen de trois sections et par la règle de Simpson, comme on l'a fait pour le volume principal.

Déduction d'après les règles anglaises. — Au lieu de la déduction stricte de l'espace occupé par l'appareil moteur et ses annexes, lés armateurs ont le droit, par analogie avec ce qui se fait en Angleterre, de demander la déduction d'une certaine fraction ou *percentage* du volume brut total V, ou du volume v de l'appareil moteur. Ces déductions sont basées ainsi qu'il suit :

NAVIRES A HÉLICE.		NAVIRES A ROUES.	
	DÉDUCTION.		DÉDUCTION.
$v \leq \frac{13}{100}$ V	$\frac{175}{100}v$	$v \leq \frac{20}{100}$ V	$\frac{150}{100}v$
$\frac{13}{100} < v < \frac{20}{100}$ V	$\frac{32}{100}$ V	$\frac{20}{100}$ V $< v < \frac{30}{100}$ V	$\frac{37}{100}$ V
$v > \frac{20}{120}$	$\frac{40}{100}$ V	$v > \frac{30}{100}$ V	$\frac{40}{100}$ V

Vérifications des calculs. — Les surfaces et les volumes pouvant être entachés d'erreurs de mesurage ou de calcul, il est bon de les vérifier graphiquement, en construisant la courbe des aires des sections transversales portées en ordonnées, les abscisses étant proportionnelles à leurs équidistances. Une courbe analogue sera construite pour les demi-largeurs de chaque section. Les irrégularités de ces courbes mettront en évidence les inexactitudes de mesurage ou les résultats erronés.

Tonnage pour le passage de l'isthme de Suez. — Pour le transit dans le canal de Suez, on déduit, outre les volumes a, b, c, indiqués plus haut :

1° Le logement des officiers, sauf celui du capitaine (d);

2° La cabine des cartes, celles de l'homme de barre et des hommes de quart (e). Le total $a+b+c+d+e$ ne doit pas dépasser $\frac{V}{20}$, ou, s'il le dépasse, la déduction n'est que de $\frac{V}{20}$.

A titre de renseignement, nous donnons le tonnage net d'un certain nombre de navires de guerre et de paquebots.

	LONGUEUR A LA FLOTTAISON de la pointe N à l'axe du gouvernail.	LARGEUR AU FORT.	CREUX AU GAILLARD.	DÉPLACEMENT.	TONNAGE.
NAVIRES DE GUERRE.					
	m	m	m	tx	tx
Friedland	93,96	17,68	13,25	8,824	3,171
Dévastation	94,50	20,91	13,72	10,001	4,234
Amiral Duperré	94,83	20,40	13,41	11,085	3,299
Tonnerre	73,60	17,60	7,19	5,589	1,756
Tempête	73,60	17,60	5,80	4,869	1,098
La Galissonnière	76,58	14,91	9,80	4,648	1,437
Bayard	78,90	17,45	10,59	5,839	2,044
Duquesne	101,58	15,56	11,27	5,824	1,997
Aréthuse	86,15	13,61	9,37	3,649	1,489
Lapérouse	81,90	11,40	7,60	2,319	782
Villars	76,30	11,60	7,23	2,419	667
Infernet	78,92	10,92	6,80	1,940	593
Rigault de Genouilly	74,57	10,80	6,80	1,713	598
Milan	93,05	10,00	6,43	1,550	635
Bisson	61,20	8,73	5,02	834	264
Sarthe	83,60	13,52	10,75	3,973	1,971
Mytho	105,20	15,41	12,00	5,650	3,098
Allier	64,17	10,50	6,57	1,660	786
COMPAGNIE DES CHARGEURS RÉUNIS.					
Parana	106,65	12,248	9,45	5,211	2,537
Pampa	101,15	12,034	9,53	4,804	1,977
Portena	99,22	10,572	8,00	4,348	1,462
Belgrano	98,00	10,10	8,00	3,120	1,646
San Martin	94,77	10,56	8,00	3,985	1,778
Ville de Victoria	94,95	11,427	8,20	4,040	1,775
Ville de Rosario	93,65	11,01	7,90	3,510	1,555
Ville de Rio	82,50	9,76	7,18	2,568	1,008
Ville de Ceara	87,17	11,30	8,40	2,112	1,699
Comte d'Eu	81,28	9,80	6,74	1,500	1,060
Sully	75,27	9,232	6,98	1,838	986
COMPAGNIE TRANSATLANTIQUE.					
Normandie	140,85	15,30	11,40	9,707	3,475
Amérique	120,50	13,40	11,67	7,715	3,033
Saint-Germain	114,75	12,27	10,60	6,350	2,296
Pereire	104,50	13,33	8,85	5,080	1,756
Washington	105,70	13,40	9,31	6,390	2,086
Ville de Bordeaux	88,25	12,33	8,75	4,005	1,765
Olinde Rodrigues	107,33	11,95	9,84	4,900	2,014
Ville de Tunis	96,83	10,55	7,77	2,906	1,098
Ajaccio	74,55	9,20	7,26	1,738	682
Salvador	70,35	9,02	6,72	1,446	637
Ville de Tanger	72,50	9,02	6,72	1,560	672
Dragut	55,30	7,67	5,35	777	312
Bixio (cargo-boat)	91,53	10,97	8,14	4,800	1,473
Alice	70,40	9,51	5,60	2,031	587

Primes accordées à la marine marchande. — Une loi du 29 janvier 1881 accorde aux constructeurs des primes de construction, et aux armateurs une prime de navigation.

Les primes à la construction sont calculées sur les bases suivantes :

Coques en fer et en acier	60 fr.	Par tonneau de jauge brute.
— en bois de 200 tonneaux et plus.	20	
— en bois de moins de 200 tonneaux.	10	
— composites (membrure et barrotage entièrement en fer ou acier)	40	
Machines, chaudières, appareils auxiliaires, tels que pompes, servo-moteurs, treuils, ventilateurs mus mécaniquement . .		12 francs par 100 kilogrammes.
Changements de chaudières.		8 francs par 100 kilogrammes de chaudières neuves, pesées sans tubes, et de construction française.

Pendant une période de dix ans, à partir de la promulgation de la loi, il est accordé aux navires à voiles et à vapeur, de construction française, naviguant au long cours, une prime de $1^{fr},50$ par tonneau de jauge nette et par 1,000 milles parcourus. Cette prime décroit chaque année : de $0^{fr},075$ pour les navires en bois et composites ; de $0^{fr},05$ pour les navires en fer.

La prime est réduite de moitié pour les navires de construction étrangère.

Elle est augmentée de 15 0/0 pour les navires construits sur des plans approuvés par le Ministère de la marine, et pouvant être utilisés en temps de guerre.

Les navires affectés à la pêche, à la navigation de plaisance et aux lignes subventionnées, ne reçoivent pas la prime.

CHAPITRE XX.

CONDUITE DES TRAVAUX.

Précautions générales. — La marche à suivre dans la construction des navires en bois varie beaucoup suivant les circonstances dans lesquelles on se trouve placé. A l'époque des flottes à voiles, on pouvait sans inconvénient, grâce à la fixité assez grande des types, construire lentement, laisser longtemps les bâtiments sur cale et ne les mettre à l'eau qu'au moment du besoin; on trouve encore dans les restes de notre ancienne flotte des navires, qui avaient séjourné vingt ans sur les chantiers. Non seulement les bois se séchaient complètement, mais encore les pièces qui avaient des germes de dépérissement les laissaient apparaître, et on n'hésitait pas à les changer. On obtenait, par cette épuration graduelle, des coques, dont la durée moyenne ne peut guère être estimée à plus de quinze années.

Les conditions sont tout autres aujourd'hui; les types des navires changent vite : il importe donc de construire rapidement, même les coques en bois. Les bois, s'ils ne sont pas choisis parmi les plus sains, et convenablement dépouillés de leur humidité et de leur sève, avant la mise en place, ne tardent pas à s'altérer, surtout aux surfaces de contact. On en a eu des preuves bien évidentes sur les navires à voiles transformés en navires à vapeur; toutes les parties nouvelles, la maîtresse partie, s'ils avaient été allongés par le milieu, l'arrière, s'il avait seul été changé, ont dépéri avec beaucoup plus de rapidité que le reste de la coque, bien plus ancien cependant.

De cette observation résulte l'obligation de rechercher et de débiter, dès le début de la construction, la plus grande partie des bois nécessaires, de ne les prendre que dans des piles déjà sorties depuis plusieurs années des fosses, où les bois sont généralement conservés. Après le débit, il convient de les laisser, autant que possible, exposés à des courants d'air assez modérés pour ne pas les faire fendre, enfin de réserver dans la construction de nombreux vides, par lesquels une circulation d'air, activée, s'il le faut, par des manches à vent, puisse se faire sans difficulté.

Enregistrement des travaux. — Il est bon, dès le début de la construction, d'ouvrir un registre, destiné à renfermer tous les renseignements statistiques relatifs au navire, autres que ceux que fournissent les écritures administratives, dont les indications sont généralement insuffisantes, faute de subdivision. Suivant la nature de la coque, on la fractionnera en un nombre plus ou moins grand de parties, pour lesquelles on cherchera à obtenir, aussi exactement que possible, les matières et la main-d'œuvre employées, les déchets, enfin les prix de revient, y compris les frais accessoires de fabrication. De la comparaison des comptes analogues établis pour d'autres navires, on pourra déduire des données sur la plus ou moins bonne utilisation de la matière et de la main-d'œuvre.

On établira aussi un enregistrement de toutes les dépêches ministérielles, ordres de travail, décisions de principe, lettres écrites à des fournisseurs ou reçues d'eux, en un mot de tous les documents intéressant l'histoire du navire et justifiant les dispositions adoptées. On dressera également un catalogue de tous les plans d'étude exécutés ; réunis après l'achèvement du navire, ils formeront un recueil des plus utiles pour les constructions suivantes.

Recherche des bois. — Dès le début du tracé à la salle, on peut faire disposer la cale, sonder les traverses, établir les tains, commencer la toiture, s'il y a lieu ; préparer les soles, les accores, faire enfin l'installation complète du chantier. On peut aussi, en peu de temps, arrêter approximativement la distribution des écarts de quille, et faire dans les dépôts la recherche des pièces nécessaires. Si on en trouvé de convenables comme équarrissage, et de longueur un peu différente, on n'hésitera pas à modifier la distribution arrêtée, pour éviter un déchet inutile.

Tous les bois choisis doivent être, avant leur sortie du dépôt, soigneusement examinés; des blanchis à l'herminette doivent être faits de distance en distance, et tous les nœuds et potiches scrupuleusement sondés. Bien des vices échapperont à cet examen, et plus d'une pièce devra encore être rebutée sur le chantier après avoir subi un travail inutile de débit. Bientôt après, et avant d'avoir balancé les projections et arrêté le tracé, on peut faire de faux-gabarits pour le couple milieu, fixer sa décomposition en allonges, et faire rechercher immédiatement les bois nécessaires pour toute la partie centrale du navire, afin d'avoir du travail prêt, aussitôt que le tracé sera fini.

Métaux à commander. — Généralement les ports sont suffisamment approvisionnés en bois; il n'en est pas toujours de même des autres objets qui entrent dans la charpente, et principalement des métaux. On devra donc, dès ce moment, évaluer les quantités de fer et de cuivre en barre entrant dans la construction, qui seront nécessaires dès le montage en bois tors; on devra calculer la quantité de tôles et de barres profilées nécessaire, afin de provoquer à temps la passation de marchés, ou l'envoi de commandes aux fournisseurs. L'arrivée de ces matériaux au port exigeant généralement plusieurs mois, il importe de ne pas perdre de temps.

Études à faire. — Pendant le tracé à la salle, il est bon, si les emménagements sont indiqués par l'auteur des plans, de les étudier concurremment avec le boisé de la charpente. Les écubiers, les sabords, les hublots doivent être disposés de manière à couper le moins de membres possible, et, s'il existe des liaisons en fer, de façon à ne pas les affaiblir ; ceci exige quelquefois ou un déplacement de ces ouvertures, ou une augmentation des liaisons pour compenser un affaiblissement que l'on n'a pu éviter. Les cloisons étanches doivent être placées au droit d'un couple, les cloisons d'emménagements être disposées de manière à faire office d'épontilles. Le barrotage doit être étudié de manière que les panneaux et les étambrais soient aux positions convenables, et à ce que les barrots correspondent aux membres, quand le système d'attache l'exige.

L'emplacement et la manœuvre de l'artillerie et des embarcations, la possibilité de loger, dans les soutes qui leur sont destinées, les munitions, les vivres, les approvisionnements de toute nature, doivent être l'objet d'études et de vérifications analogues, qu'il convient d'entreprendre aussitôt que possible.

Tous ces détails, que n'a pu étudier suffisamment l'auteur des plans, préoccupé d'autres soins, doivent être l'objet de ceux de l'ingénieur chargé de la construction. Il doit également songer à obtenir des constructeurs de la machine et des chaudières la hauteur et le contour du plan de pose, afin d'étudier le carlingage, la position de l'axe de l'arbre porte-hélice; il doit aussi connaître les dimensions extérieures des chaudières, et des principales pièces de la machine, afin d'étudier les panneaux permanents ou temporaires, qu'il convient de réserver pour leur passage.

Pour toutes ces choses, l'emploi d'un modèle à échelle réduite sera extrêmement utile; on devra le faire moitié hors bordé, moitié hors membres, et il sera commode de le monter sur deux tourillons placés aux extrémités.

Ce n'est que par ces études, entreprises bien avant le besoin, qu'on parvient à ne pas être entravé dans l'exécution; ce n'est que de cette manière qu'on arrive à faire que le travail attende l'ouvrier, et non l'ouvrier le travail. Stimuler le personnel, en obtenir une production économique, n'est pas le moindre talent de l'ingénieur.

Montage en bois tors. — Aussitôt que le tracé est terminé et définitivement arrêté, d'après les résultats des calculs complets de déplacement, de stabilité et d'assiette, on exécute les gabarits des membres, qui sont choisis définitivement, débités à la scierie, terminés sur le chantier. Pendant ce temps, on travaille la quille, l'étrave, l'étambot, on les assemble sur les tains.

On procède alors au montage des couples, à leur balancement et perpignage, enfin à l'accorage définitif. On établit la carlingue et les marsouins, on fait le chevillage des talons des couples. On met ensuite en place la toiture, ou seulement les masques, si le bâtiment est construit sur une cale couverte; on établit les pieds-droits, les échafaudages, le plan incliné, la portière des fonds, enfin les témoins destinés à mesurer les affaissements.

A ce moment de la construction il est d'usage, quand on en a la possibilité, d'abandonner pendant quelque temps le bâtiment à lui-même, pour laisser la membrure s'aérer et sécher. Comme il sera utile de pouvoir évaluer le poids de la charpente, et que la densité des bois est variable avec leur essence et leur état de siccité, il est bon de prendre dans les déchets de bois de membrure quelques morceaux, dont on calcule la densité, et que l'on place dans les mailles, dans les conditions moyennes d'aération des membres; en les pesant périodiquement, on pourra facilement apprécier l'état de dessiccation des membres.

Le bâtiment monté en bois tors est visité par une commission (art. 559 de l'Instruction générale du 1er octobre 1854), qui s'assure de la bonne exécution du travail, et vérifie la conformité avec les plans et devis des dimensions principales.

Revêtements intérieurs et extérieurs. — Sans attendre le moment de la mise en place des revêtements, on devra en commencer le débit, après en avoir étudié la distribution, sur un plan et sur le petit modèle d'abord, sur la membrure ensuite; on les empilera dans le voisinage de la cale pour les faire sécher, ainsi que les remplissages des fonds et les bordages de pont. Encore fraîches lors de leur mise en place, ces pièces subiraient un retrait nuisible au calfatage.

Une fois les lattes en fer fixées sur la membrure, l'établissement des revêtements commencera par les bauquières et sous-bauquières des ponts principaux, et les préceintes, ce qui permettra la mise en place des barrots, l'enlèvement des planches d'ouverture et des lisses des œuvres mortes, et leur accorage définitif.

La mise en place du reste du bordé peut se faire dans un ordre quelconque; mais il est bon, tant pour le vaigrage que pour le bordé extérieur et celui des ponts, de mettre les bordages en place par séries de 5 ou 6 consécutifs, et de réserver l'espace laissé libre par les autres pour l'aération. Pour la même raison, on devra percer tous les trous des gournables, qui ne seront mises en place que peu de temps avant la mise à la mer, afin de créer une quantité de passages pour l'air.

C'est à ce moment qu'on exécute divers travaux de charpente, qui n'ont pu être faits jusqu'alors. D'après les indications du constructeur de l'appareil moteur, on établit le plan de pose des machines et des chaudières, on cheville les carlingues, on perce les prises d'eau et on ajuste leurs manchons; on alèse le logement du tube de l'arbre porte-hélice et on le met en place.

Lancement. — Les travaux de dessin devront, pendant tout le temps de la construction être poursuivis parallèlement aux travaux manuels, et avec une certaine avance. Ainsi on devra, sans tarder, étudier les dispositions relatives au lancement, et en faire faire un dessin complet.

Emménagements. — Le tracé exact des emménagements devra être préparé, afin que, dès que les ponts seront bordés, on puisse exécuter les gabarits de la menuiserie; on devra préparer également les dessins relatifs à tous les objets d'emménagement ou d'armement, qui se confectionnent spécialement pour le navire, ou qui se commandent à l'extérieur, tels que gouvernail, cabestan, bittes, écubiers, bossoirs, porte-manteaux d'embarcations, etc., etc. La mise en place, et même la confection, pourra ne suivre que plusieurs mois après, suivant les travaux auxquels le port a à faire face, ou la part de travail affectée à chaque navire dans le programme de l'année; mais il importe d'avoir une réserve de commandes prêtes à être données aux ateliers, aux époques où ils ont peu de travaux pressés; commander au dernier moment est le moyen de n'être jamais servi à temps.

Il ne faut pas oublier que, pour les grands navires tout au moins, les installations de quelque importance, telles que celles des ancres, du gouvernail, etc., doivent recevoir l'approbation ministérielle, et que les délais nécessaires à l'examen des plans entraînent des retards pour l'exécution.

Aucune règle ne peut être donnée sur l'ordre dans lequel les détails si multiples, qui constituent les emménagements intérieurs, doivent être mis en place. La nécessité de disposer plus tôt d'une cale, de commencer le montage de la machine, la disponibilité d'un bassin peuvent conduire à hâter la mise à l'eau; les circonstances inverses peuvent la retarder; l'essentiel est d'avoir toujours du travail prêt pour tous les ateliers, afin de pouvoir profiter immédiatement de tous les bras qui deviendraient disponibles.

En outre, bien des travaux, qui doivent être exécutés sur place, ne peuvent l'être par les ouvriers des diverses professions que les uns après les autres : le calfatage devra suivre la charpente; les peintres devront être précédés par les menuisiers. Pour conduire rapidement la construction, occuper le plus de monde possible, il suffira d'un peu d'ordre, de prévoyance et de précaution; une conduite raisonnée des travaux évitera que les uns ne rejettent sur les autres leur manque de zèle ou d'habileté, si le temps consacré à chaque travail dépasse la mesure convenable.

Ce serait sortir des bornes de ce cours que de s'étendre sur la meilleure utilisation du personnel et des matériaux. Nous nous contenterons de faire remarquer que l'art de l'ingénieur ne doit pas être borné, ainsi qu'on est trop souvent porté à le faire, à l'agencement le plus solide des parties d'une construction. Cet agencement n'est judicieux, que s'il est réalisé sans dépenses hors de proportion avec le but à atteindre; l'emploi du personnel n'est rationnel, que s'il lui fait fournir toute la production dont il est susceptible.

Une comptabilité technique, appropriée comme subdivision à la nature des travaux, est un moyen de se rendre compte des résultats, qu'il faut bien se garder de déprécier. La surveillance attentive du personnel, la connaissance individuelle de ses surveillants, l'emploi de moyens moraux, réprimandes modérées et surtout stimulation de l'amour-propre permettront la plupart du temps de remédier à ce que les résultats de la comptabilité auront révélé de défectueux.

FIN DE LA DEUXIÈME PARTIE.

TROISIÈME PARTIE.

CONSTRUCTION EN FER ET EN ACIER.

CHAPITRE XXI.

HISTORIQUE. — AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA CONSTRUCTION EN FER. — ÉCHANTILLONS.

Historique. — Le fer, dont l'emploi a pris un si grand développement dans tous les genres de construction, depuis que l'invention de la machine à vapeur en a rendu la fabrication à la fois plus indispensable et plus facile, devait s'introduire dans la construction des navires, non pas sous la forme de liaisons et de consolidations accessoires, mais comme élément principal et constituant de la charpente. La rareté et la cherté toujours croissantes des bois courbants propres aux constructions, sur lesquels un droit de préemption a dû être pendant longtemps réservé à la marine militaire, ont conduit au développement de la construction métallique. D'ailleurs les dimensions colossales nécessaires, soit pour porter les lourds engins d'attaque et de défense de la marine de guerre, soit pour obtenir les vitesses toujours croissantes, que les communications commerciales exigent, nécessiteraient aujourd'hui son adoption, si elle n'était depuis longtemps entrée dans la pratique courante, pour des constructions de dimensions plus modestes.

La marine militaire n'a suivi la marine de commerce dans cette voie qu'avec quelque hésitation, et sous la pression des circonstances ; en cela, comme en beaucoup d'autres choses, elle a montré un grand attachement à des traditions séculaires, et ce n'est que depuis peu d'années, que l'on peut dire que tous les bâtiments de combat sont construits en fer, et, dans beaucoup de leurs parties, en acier.

Nous ne devons pas nous étonner de voir que c'est sur le territoire le plus riche en fer et en charbon, que la construction en fer a pris naissance. D'après Grantham, le premier bâtiment en fer connu serait un chaland, construit en 1787 par Wilkinson, ingénieur aux forges de Bradley, pour transporter de la fonte sur un canal passant à Birmingham. Le premier bâtiment méritant réellement ce nom est l'Aaron Manby, construit en 1820 à Horsley par MM. Manby et Napier. Il fut transporté par morceaux en 1821 à Londres, où il fut remonté dans un bassin, puis descendit la Tamise et se rendit au Havre et à Paris. La réussite de ce premier essai encouragea M. Manby

à construire d'autres bâtiments en fer, dans une usine fondée par lui à Charenton. A la même époque, M. Cavé commença la construction de bateaux à vapeur destinés à la navigation de la Seine.

Pendant quelques années, la construction en fer, tout en se développant largement, ne fut guère appliquée qu'aux navires destinés à la navigation fluviale et au cabotage; cependant on construisit d'assez bonne heure des bâtiments de rivière, dont la grande longueur, relativement à leur creux et à leur largeur très restreints, eût fait des constructions d'une grande hardiesse, s'ils n'eussent été destinés à naviguer dans des eaux calmes. Ce n'est qu'en 1838 que la construction en fer fut mise en usage pour la navigation transatlantique.

Depuis cette époque, la marine de commerce a sans cesse marché dans la même voie; le nombre des bâtiments en fer s'est annuellement accru, en même temps que celui des bâtiments en bois diminuait, et l'on peut dire qu'aujourd'hui il ne se construit plus de navires à vapeur autrement qu'en fer et en acier, et qu'il en est de même de bon nombre de bâtiments à voiles. Actuellement toutes les grandes compagnies de navigation emploient des bateaux en fer, et cette transformation rapide a donné un essor incalculable à l'industrie de l'Angleterre, dont les rivières sont bordées en certains points de chantiers de construction. En France, les ateliers des Forges et Chantiers au Havre et à la Seyne, ceux des Messageries à la Ciotat, ceux de Bordeaux, de Nantes et de Saint-Nazaire peuvent facilement soutenir la comparaison avec ceux de l'Angleterre pour la perfection de leurs produits; leur nombre et leur production sont malheureusement bien inférieurs.

Pendant longtemps, on a reproché aux murailles en fer leur peu de résistance à la pénétration des boulets; c'était la principale raison qui faisait reculer devant leur adoption dans les marines militaires, qui cependant étudiaient attentivement les progrès de l'industrie maritime. En 1842, M. Dupuy de Lôme, alors sous-ingénieur, alla, par ordre du Ministre de la Marine, examiner les pratiques suivies dans les chantiers anglais, et publia un rapport, dont les renseignements sont encore aujourd'hui du plus grand intérêt. Mais ce n'est que longtemps après, vers 1860, que les bâtiments en fer entrèrent dans la composition de la flotte de guerre; jusque-là on ne les avait admis, et encore en petit nombre, que comme avisos et transports.

Bien avant cette époque, l'adoption dans l'artillerie navale de projectiles explosifs et incendiaires aurait dû faire préférer des murailles faciles à traverser sans éclatement de l'obus, et cependant on préférait le bois, qui, disait-on, fermait par son élasticité ses propres déchirures; l'adoption de cuirasses métalliques, dont la fixation n'offre pas plus de difficultés sur le fer que sur le bois, est venue enlever à cette objection toute espèce de valeur. En Angleterre la transformation a été rapide, et, à part quelques cuirassés obtenus par modification de navires déjà existants, toute la flotte cuirassée a été construite en fer. La France a suivi, quoique plus lentement, et depuis une douzaine d'années tous les cuirassés nouveaux, sauf quelques-uns destinés aux stations hors d'Europe, sont en fer ou en acier.

Avantages de la construction métallique. — Les principaux avantages de la construction métallique peuvent se résumer ainsi qu'il suit :

Économie de poids. Résistance plus grande. — Le bordé en fer, composé de parties non seulement juxtaposées, mais soustraites par le rivetage à tout glissement, forme un tout solidaire, indépendamment de la membrure, qui ne sert que d'ossature, maintenant les formes extérieures, sans concourir à la liaison de l'enveloppe; le bordé forme une pièce unique ayant toute la hauteur du navire, souvent même un tube complet, quand il y a un bordé de pont en tôle.

Dans les navires en bois, les bordages ne restent juxtaposés, l'étanchéité n'est obtenue que par le croisement des membres et le calfatage; les bordages peuvent glisser les uns sur les autres dans les fatigues de la mer, et travaillent isolément par flexion, sans se prêter un mutuel appui. Aussi, au lieu de la membrure légère des bâtiments en fer, est-on obligé d'ajouter à des membres, dont les forts échantillons sont nécessités par le vigoureux chevillage qui doit les traverser, diverses liaisons, lattes en fer, porques, guirlandes, qui contribuent à alourdir l'ensemble. Les couples, formés de deux plans de membres placés bout à bout, ne résistent que par la moitié de leur section totale, tandis que les membres en fer, composés de fers profilés solidement assemblés, résistent par la totalité de leur section.

Il est facile de conclure que le fer se prête mieux à une construction à la fois légère et solide, et, si son adoption n'a pas réduit le poids de coque dans une plus forte proportion, c'est qu'on s'est attaché à la durée autant qu'à la légèreté de la coque. L'extrême légèreté, que l'on avait recherchée au début (Poids de coque : Caton 36,6 0/0, Chaptal 37,7 0/0, Biche 33 0/0), a paru exagérée, et quoique certains des bâtiments construits avec de pareils échantillons aient eu une longue carrière, on est revenu depuis à des constructions plus vigoureuses. Peut-être l'influence des Sociétés telles que le Lloyd et le Veritas, dont nous parlerons plus loin, n'y est-elle pas étrangère.

La résistance plus grande des bâtiments en fer a été constatée en mainte occasion; il nous suffira de citer le Great Britain, qui, échoué en 1843 sur la côte d'Irlande, fut relevé après un hiver, et remis en service; un bâtiment en bois, dans de semblables conditions, eût été en peu de temps délié et démoli par la mer.

L'Arctic, construit en bois, et la Vesta, construite en fer, s'étant abordés, l'Arctic coula, la Vesta se soutint sur l'eau, malgré la perte de son compartiment de l'avant.

En 1855, la Persia, paquebot en fer de la compagnie Cunard, et le Pacific, navire américain en bois, rencontrent simultanément une banquise; la Persia la coupe, et le Pacific sombre.

La solidité plus grande des coques en fer leur permet de résister sans déliaison aux coups de rappel, qu'occasionnent les chargements denses et placés très bas : minerais, métaux; les chocs des lames ne sont jamais compromettants pour la coque, quand des navires en bois, chargés de la même manière, auraient leurs assemblages disloqués et leur calfatage relâché.

Durée. — Les causes de détérioration, qui n'ont pas permis d'assurer aux bâtiments en bois plus de 12 à 15 ans d'existence moyenne, avec un radoub dans l'intervalle, n'existent pas pour les bâtiments en fer. Le Coligny, construit en 1844, navigue encore après 40 ans de service, et, la durée ne fût-elle pas accrue, on trouverait encore une notable économie du côté des travaux d'entretien, qui se réduisent pour les bâtiments en fer à de fréquents nettoyages intérieurs, et à l'application, tous les sept à huit mois, d'une couche de peinture à l'intérieur et à l'extérieur; un séjour de peu de durée au bassin, huit jours, avec la peinture dont la dessiccation est la plus lente, suffisent à ce travail. Les travaux de réparation des bâtiments en bois, quand ils ont pour cause la pourriture d'une pièce intérieure, entraînent des démolitions coûteuses, souvent la destruction de pièces saines pour remplacer la pièce avariée, un long séjour au bassin, et ces travaux, déjà fort chers en France, deviennent ruineux, quand leur urgence oblige à les exécuter dans les chantiers de commerce étrangers.

L'immobilisation moins fréquente des bâtiments est un avantage moins sensible à la marine militaire, qui doit avoir une flotte surabondante en temps de paix, qu'au commerce, qui ne doit pas avoir plus que le nécessaire, et cherche à faire le plus grand nombre de traversées avec le plus petit



nombre possible de navires. La disponibilité constante est encore un avantage plus sérieux que la durée, à une époque où les perfectionnements rapides des coques et surtout des machines rendent quelquefois avantageuse et économique la substitution d'un navire neuf à un navire démodé, mais non usé.

Capacité plus grande. Sécheresse. — La membrure et le bordé ayant des échantillons beaucoup moindres, la capacité intérieure s'accroît; elle permet ou le transport d'un cube de marchandises plus considérable, ou l'installation d'un appareil de propulsion plus puissant, dernier avantage qui est capital, à une époque où l'accroissement des vitesses est la première des préoccupations.

La coque est maintenue facilement étanche, au grand bénéfice de la conservation des marchandises et des approvisionnements, de la santé des équipages, du confortable des passagers. Elle peut être fractionnée en compartiments indépendants les uns des autres en cas de voie d'eau, d'où sécurité plus grande, valeur militaire augmentée.

Possibilité de constructions de formes et de dimensions quelconques. — Enfin, les dimensions nécessaires aux grandes vitesses croissant tous les jours, ce n'est pas un des moindres avantages du fer que de se prêter à une augmentation, si considérable qu'on la suppose, de la longueur; et l'exemple du Great Eastern, critiquable à d'autres égards, est là pour prouver que rien n'est impossible avec le fer, de ce qui paraissait impraticable avec le bois. Les fers profilés forment facilement les contours les plus compliqués, se prêtent aux assemblages les plus variés et les plus solides; il suffit d'augmenter les échantillons pour avoir la rigidité voulue, quelque grand que soit le rapport de la longueur à la largeur ou au creux. Dès qu'on a reconnu la nécessité de bâtiments en bois ayant une longueur plus grande que sept fois la largeur, il a fallu avoir recours au fer, en le dissimulant sous le bois, sous forme de consolidations longitudinales; l'emploi de matières douées de propriétés élastiques si différentes les met l'une et l'autre dans de mauvaises conditions de résistance, et l'emploi du fer sous cette forme détournée n'a été qu'un palliatif.

Inconvénients de la construction métallique. — Les partisans des navires en bois n'ont pas négligé de faire ressortir les inconvénients de la construction en fer, que nous résumerons de la manière suivante :

Prix plus élevé. — Les bâtiments en fer sont un peu plus coûteux que les bâtiments en bois. Cela peut être vrai, mais la différence va toujours en diminuant, et on ne trouverait pas de chantiers industriels, pas plus en France qu'en Angleterre, voulant ou pouvant construire, dans de bonnes conditions, de grands bâtiments en bois de la taille des paquebots ou des cuirassés. Ajoutons que si les prix de la matière employée et de la main-d'œuvre sont élevés, et le premier au moins s'abaisse tous les jours, on n'a pas besoin d'accumuler dans des magasins d'immenses quantités de bois, destinées à sécher pendant plusieurs années avant d'être mises en œuvre, et que l'intérêt des capitaux ainsi immobilisés compense et au delà la différence de prix. Des établissements d'État peuvent seuls entretenir une réserve de bois suffisante; une société s'y ruinerait, et si la construction métallique a pris un développement tardif dans les arsenaux, l'existence d'énormes approvisionnements, qu'il faut épuiser, y a beaucoup contribué.

Erreurs des compas. — La coque en fer a sur la marche des compas une influence perturbatrice, qu'on est parvenu à calculer et à corriger d'une manière aujourd'hui presque parfaite; la navigation d'un bâtiment en fer est aussi sûre maintenant que celle d'un bâtiment en bois.

Salissure de la carène. — La salissure des carènes, et la diminution de vitesse qui en

résulte est un inconvénient plus grave. La part due au frottement dans la résistance de la carène croît rapidement, quand on passe de la carène lisse doublée en cuivre à la carène rugueuse en fer, même au sortir du bassin ; d'expériences comparatives, faites sur des frégates cuirassées, on a conclu que la force de la machine devrait être accrue d'un dixième sur un navire en fer de cette taille, pour qu'il obtînt la même vitesse que le navire semblable doublé en cuivre. La carène en fer se recouvre rapidement, surtout dans les mers chaudes, d'herbes et de coquillages, qui forment un obstacle toujours croissant à la marche; aussi est-on obligé de l'en débarrasser par un passage périodique au bassin. Quand on ne veut pas accepter cette infériorité de vitesse, et qu'on ne peut compter sur la possibilité d'entrées fréquentes au bassin, on a recours à une enveloppe en bois, appliquée sur le fer, et portant un doublage en cuivre.

Résistance aux chocs. — On a reproché aux bâtiments en fer une résistance moindre aux chocs, et en particulier aux échouages. Il est certain qu'un navire en fer échoué sur une pointe de rocher a ses tôles percées, quand un bâtiment en bois n'aurait qu'une déchirure, qui se refermerait d'elle-même par l'élasticité des fibres. Un abordage crève le bordé en fer, quand il ne ferait souvent que des avaries sans importance à des bâtiments en bois.

Et cependant, dans bien des cas, les conséquences des avaries ne diffèrent pas beaucoup. L'Agincourt, le Grosser Kurfurst, navires en fer, ont coulé à la suite d'un coup d'éperon; il en a été de même, dans notre marine, du Forfait, navire en bois, et la Reine-Blanche aurait eu le même sort, si la présence d'esprit de son capitaine, et le voisinage de la terre n'eussent permis de l'échouer.

D'autre part, sur les bâtiments en fer, les moyens de localiser une voie d'eau par un compartimentage sont aisés; l'étanchéité des cloisons peut être réelle, et divers accidents, celui du Great Eastern, celui du Pascal et tant d'autres en ont démontré l'efficacité. Enfin un accident plus récent, l'échouage de la Dévastation, a été une expérience des plus intéressantes sur la résistance du bordé en tôle, expérience dont le bâtiment s'est tiré à son honneur. Ajoutons qu'un navire en bois, une fois coulé, est extrêmement difficile à renflouer, et que les résultats obtenus sur le Richelieu ont été rarement réalisés, tandis que la coque parfaitement étanche d'un navire en fer permet un épuisement efficace, et que son renflouage est une opération pratique et fréquemment renouvelée.

Échantillons. — Comme pour la construction en bois, les échantillons des navires en fer ont été fixés par des règles empiriques, déduites des résultats bons ou mauvais observés sur des bâtiments construits antérieurement. On a bien pu faire quelques recherches théoriques sur l'ensemble de la construction, la mise en rapport convenable de la résistance de divers éléments; mais, pour la valeur absolue des échantillons, l'ignorance où nous sommes de la grandeur des efforts, auxquels le navire sera exposé sur une mer agitée, ne nous permet de nous baser que sur des analogies et des comparaisons, toujours sujettes à erreur, mais permettant des perfectionnements graduels. Ces résultats ont servi à dresser des tables de construction, analogues au tarif des échantillons des bâtiments de guerre à voiles; des tables de ce genre sont publiées par diverses sociétés, dont les plus connues sont le Lloyd en Angleterre, et le Veritas en France.

Lloyd. Veritas. — Le but de ces Sociétés, avons-nous dit plus haut, est de donner aux armateurs, aux chargeurs et aux assureurs des renseignements sur la navigabilité des bâtiments de commerce, qui ont ainsi un état civil assuré, fournissant des données sur leurs qualités bonnes ou mauvaises, et en particulier sur leur âge et leurs échantillons. Il est à remarquer que les échan-

tillons déduits des tables de construction du Lloyd et du Veritas sont généralement forts; on comprend facilement que ces Sociétés, voulant se couvrir de tout mécompte, ont mieux aimé pendant longtemps se borner à des mesurages de dimensions, opération toujours facile, qu'à l'essai toujours délicat et long de la résistance des matériaux employés. On a préféré imposer les dimensions qui conviennent aux matières les plus mauvaises, à l'exécution la plus médiocre que l'on puisse admettre à la cote; il faut bien le reconnaître, la concurrence et le bon marché nécessitent souvent l'emploi de matières et de main-d'œuvre de qualité très inférieure à celle des arsenaux des marines de guerre; ceux-ci, par suite, peuvent avoir une pratique différant sensiblement des règles du Lloyd et du Veritas. Cependant ces Sociétés exigent aujourd'hui des essais des matériaux analogues à ceux de la marine, et accordent des réductions d'échantillon au fer supérieur et à l'acier.

Règles du Lloyd. Résumé. — Un bâtiment peut être admis à la cote du Lloyd au moment de sa construction, et subit alors cinq visites des inspecteurs du Lloyd, la première la membrure montée, la seconde après avoir été bordé, la troisième au moment de la mise en place des baux, la quatrième quand il est prêt à être lancé, mais non peint, la cinquième enfin quand la construction est complètement terminée.

On peut aussi faire admettre à la cote des navires tout construits, à la condition de les faire examiner dans un bassin ou sur cale, et de délivrer certaines parties. D'après l'ancien règlement du Lloyd, modifié depuis quelques années, la cote était exprimée par les lettres $\underset{A}{A}$, $\underset{B}{A}$, qui s'appliquaient à des bâtiments ayant les échantillons réglementaires, mais d'exécution plus ou moins parfaite; $\underset{C}{A}$ désignait ceux qui, n'ayant pas de tout point les échantillons voulus, méritaient cependant d'êtres cotés. Les navires $\underset{A}{A}$ devaient être visités tous les quatre ans, $\underset{B}{A}$ tous les trois ans, $\underset{C}{A}$ tous les ans, et en outre après toute réparation.

Aujourd'hui la cote A est subdivisée en quatre classes : 100 A, 90 A, 80 A, 75 A; elle a une durée illimitée. Le règlement du Lloyd définit trois genres de visite, dont les numéros 1, 2 et 3 correspondent à une sévérité croissante; tout bâtiment doit subir tous les quatre ans d'abord la visite n° 1, puis la visite n° 2, enfin la visite n° 3; si l'armateur ne demande pas la visite dans le délai prescrit, la cote peut être suspendue.

Les dimensions de toutes les pièces sont fixées dans des tableaux, et rapportées à des *nombres indicateurs*, fonctions des dimensions du bâtiment. Ainsi en appelant :

l la largeur hors membres;

L la longueur, de l'étrave à la face arrière de l'étambot;

c le creux, du dessus-quille au can supérieur des barrots au milieu;

t le développement du maître-couple, depuis l'axe jusqu'au can supérieur de la tôle gouttière; le nombre indicateur des liaisons transversales, membres, barrots, cloisons, épontilles sera :

$$\left(\frac{1}{2}l+t+c\right),$$

en retranchant $2^{m},13$ pour les bâtiments à deux ponts.

Pour l'étrave, l'étambot, la quille, les tôles gouttières, le bordé extérieur, les liaisons longitudinales, le nombre indicateur sera :

$$\left(\frac{1}{2}l+t+c\right)\mathrm{L}.$$

Ces règles ne s'appliquent qu'aux bâtiments de dimensions ordinaires, dans lesquels la



longueur est inférieure à 11 fois le creux. Des renforcements spéciaux sont prévus, quand la longueur varie de 11 à 14 fois le creux; enfin des règles particulières modifient les échantillons pour les bâtiments à awning-deck et à spardeck. Ce n'est qu'en étudiant le règlement lui-même, qu'on peut se faire une idée juste de son usage assez compliqué.

Règles du Veritas. Résumé. — Suivant le degré de confiance que méritent les navires en fer et en acier, ils sont classés dans les trois divisions 1, 2, 3; ce classement est basé sur les qualités de la coque proprement dite, tant au point de vue de la construction, que de la qualité des matériaux. La division 2 comprend des bâtiments d'échantillon un peu plus faible, ou dont la construction n'offre pas les mêmes garanties que ceux de la division 1. La division 3 comprend des navires, dans lesquels on n'a pas suivi les règles de construction du Veritas, mais que cette société admet pourtant à la cote.

Une cote fractionnaire 3/3, 5/6, indique l'état d'entretien des parties en bois, du gréement et autres accessoires; enfin deux chiffres, variant de 1 à 3, déterminent séparément, le premier, l'état des parties en bois; le second, celui du gréement, des chaînes, ancres, etc..... Le chiffre 1 signifie : en très bon état.

Pour encourager à multiplier les compartiments étanches, on donne une marque spéciale, ①, ②, ③, aux navires de chaque division, que l'envahissement de l'un quelconque des compartiments par l'eau n'empêcherait pas de flotter. Enfin les navires ont des lettres indicatives du genre de navigation, auquel ils sont propres (M, Méditerranée — A, Atlantique — L, long cours, etc.).

Les navires doivent subir des visites périodiques tous les quatre, trois ou deux ans, selon qu'ils appartiennent à la 1re, 2e ou 3e division.

Pour les pièces longitudinales, quille, carlingue, bordé, etc....., le *nombre indicateur* est obtenu en prenant les $\frac{7}{10}$ du produit de la longueur extérieure par la largeur hors membres et le creux, pris du dessus des varangues jusqu'au-dessus des barrots du pont supérieur (1). Pour les pièces transversales, membrures, barrots, le *nombre* est obtenu en ajoutant le creux à la largeur hors membres.

Les navires, dont la longueur dépasse 11 fois le creux ou 7 fois le maître bau, sont considérés comme navires de proportions extrêmes, et doivent recevoir des consolidations spéciales. Des tableaux déterminent les échantillons pour le fer ordinaire ($31^{kg},5$ de résistance par millimètre carré, et 4 0/0 d'allongement sur 200 millimètres, en long, $28^{kg},5$ et 1,5 0/0 en travers); pour le fer supérieur (35^{kg} et 7 0/0 en long, 29^{kg} et 4 0/0 en travers, essais à chaud et pliage à froid); enfin pour l'acier (42 à 50^{kg} et 20 0/0, essais à froid, à chaud et essais de trempe).

La cote n'a pas de durée déterminée; elle est modifiée suivant l'état d'usure du navire.

Matériaux employés. — Les matériaux employés dans les constructions diffèrent suivant leurs formes, et suivant leurs propriétés résistantes et élastiques; on les divise en tôles et fers profilés.

Les tôles, d'épaisseurs variées allant jusqu'à 22 ou 24 millimètres, ne dépassent en longueur 7 à 8 mètres, que quand elles sont très étroites, et atteignent rarement 2 mètres de largeur. Dans les marchés de la Marine, et dans les tarifs commerciaux des usines, elles sont classées en plusieurs catégories, en fonction de leur épaisseur et de leur surface, les dimensions transversales étant limitées par des maxima. Pour les bordés de 10 à 14 millimètres, une longueur de 5 à 6 mètres et une largeur de $1^m,20$ sont des dimensions d'une exécution facile pour la plupart des usines. Suivant

(1) Il y a quelques exceptions pour la mesure du creux.

la qualité de la matière employée, constatée par la mesure expérimentale de l'allongement, de la résistance à la rupture, et par des essais à chaud, les tôles employées dans les arsenaux sont divisées en :

Tôles de fer communes,
— ordinaires,
— supérieures,
— fines.

Les premières servent pour les parties planes, telles que les cloisons intérieures ; les secondes pour la plus grande partie du bordé ; les fines enfin ne servent que dans la construction des chaudières, dans les parties où les formes sont contournées, ou lorsqu'une résistance et une ductilité plus grandes sont nécessaires. Une circulaire ministérielle du 17 février 1868 a réglementé les conditions de recette, la classification et la destination de ces tôles.

Les fers profilés comprennent les cornières à côtés égaux et inégaux, fers à T simple et double, fers à boudin, fers à T et à boudin, fers en U. La même circulaire définit la résistance et l'allongement exigés, les épreuves à chaud auxquelles ils doivent satisfaire. Chaque usine a une série de profils, et, à part les cornières, qui varient peu, les séries des diverses usines sont différentes.

Les cornières employées dans les constructions navales (*pl.* 56, *fig.* 402,*a*) doivent avoir leurs faces planes aussi parallèles que possible, pour faciliter la bonne tenue du rivetage ; les arrondis du raccordement et des bords extérieurs des deux lames doivent être aussi faibles que la fabrication le permet ; enfin il faut éviter, quand on le peut, les troncatures extérieures sur les bords, résultat ordinaire de l'écartement des cylindres de laminoir, nécessaire pour faire varier les épaisseurs ; ces troncatures empêchent le matage, et, si on veut pouvoir l'exécuter, il faut raboter la cornière. Les fer à T (*pl.* 56, *fig.* 402,*b*) ont généralement les pannes larges, afin de permettre leur rivetage avec les tôles qui se joignent à eux ; ils servent à réunir des pièces, telles que les barrots, à une tôle, qu'ils viennent rencontrer à angle droit ; ils sont aussi employés comme montants de cloisons. Les fers à double T (*pl.* 56, *fig.* 402,*c*), à T et à boudin (*pl.* 56, *fig.* 402,*d*), les combinaisons de tôles et de cornières, de fers à boudin et de cornières constituent les divers types de poutres résistantes employées dans la construction, sous forme de barrots, d'hiloires renversées, de carlingues, etc. Généralement réunis à des tôles, les fers profilés doivent avoir les ailes plus larges que les doubles T que l'on fabrique pour la construction des planchers à terre.

Les fers en U (*pl.* 56, *fig.* 402,*e*) sont très employés depuis quelques années pour exécuter des membrures et des barrots ; leur forme dissymétrique donne d'un côté une surface plane, qui est d'un assemblage commode avec d'autres pièces. Le fer à boudin (*pl.* 56, *fig.* 402,*f*), très employé en Angleterre pour les barrots, auxquels il donne une apparence légère, est d'un prix élevé, et s'emploie rarement dans la marine militaire.

Enfin, depuis une douzaine d'années, on emploie, à la place des tôles de fer et des fers profilés, des tôles et des barres profilées en acier très doux, qui unissent à une résistance et à un allongement à la rupture considérable (45^{kg}, et 20 0/0), une facilité de travail au moins égale à celle du fer, quand on prend certaines précautions, que nous indiquerons dans la suite de ce cours. La circulaire du 9 février 1885 en a fixé en dernier lieu la classification et les conditions de recette.

CHAPITRE XXII.

MEMBRES. — QUILLES. — CARLINGUES.

Membrure. — La membrure des bâtiments en fer peut servir à différencier leur mode de construction ; en les classant de cette manière, on peut distinguer :

1° Le système transversal, le plus généralement employé ;

2° Le système longitudinal à double coque du Great Eastern ;

3° Le *bracket-system*, et les systèmes qui en dérivent, qui ont été appliqués sous des formes diverses à la presque totalité des bâtiments cuirassés en fer construits depuis vingt ans.

Nous prendrons comme point de départ le bâtiment construit dans le système transversal, et, après avoir décrit ses diverses parties, nous passerons à l'examen des autres modes de construction.

On emploie généralement pour la membrure des cornières à côtés inégaux, dont le grand côté est placé dans le plan de gabariage, afin d'augmenter le moment d'inertie mis en jeu dans les efforts de flexion. Dans les très petits bâtiments, on peut se contenter d'une cornière simple (*pl.* 56, *fig.* 403), en la renforçant dans les fonds par un morceau de cornière placé dos à dos avec elle, et augmentant la résistance aux efforts, dans le cas d'échouage. Dès que le navire n'est plus une simple embarcation, on augmente la résistance des fonds en ajoutant une tôle varangue (*pl.* 56, *fig.* 404), dont le bord supérieur, à peu près horizontal, est bordé par une cornière, qui vient se river avec les cornières principales. A mesure que les dimensions du navire augmentent, les échantillons de la membrure exigeraient des cornières de dimensions croissantes, que les usines ne pourraient laminer qu'à des épaisseurs beaucoup trop fortes, pour que leur emploi fût économique ; de plus, la membrure ne doit pas seulement fournir un appui au bordé, mais encore donner des points d'attache à des liaisons longitudinales intérieures, carlingues, ceintures, vaigrage, double fond, qu'on ne peut prendre sur l'arête vive d'une cornière. On emploie alors soit un assemblage de deux cornières disposées en forme de Z (*pl.* 56, *fig.* 405), soit un fer en U (*pl.* 56, *fig.* 406), soit, si l'on veut des membrures plus hautes, une tôle bordée de deux cornières, et évidée (*pl.* 56, *fig.* 407).

Dans tous les cas, le bord supérieur de la tôle varangue, et le croisement des couples avec les liaisons longitudinales sont doublés d'une seconde cornière (*pl.* 56, *fig.* 406), destinée à multiplier le rivetage de ces liaisons. Généralement la plus grande de ces cornières est appliquée contre le bordé, et prend le nom de *cornière droite.* Quelquefois aussi (*pl.* 56, *fig.* 408) (Tourville) des motifs particuliers font donner la plus grande dimension à la cornière intérieure ou *renversée.* Les barres de cornières ne peuvent guère être laminées à plus de 14 à 15 mètres de longueur ; on confectionnera donc les cornières droites, soit de deux barres (*pl.* 57, *fig.* 409), dont l'écart sera alternativement à droite et à gauche du diamétral, soit de trois barres (*pl.* 57, *fig.* 410), dont les écarts chevaucheront



de couple en couple. On prendra une disposition analogue pour la cornière renversée, dont les barres décroiseront celles de la cornière principale, et il sera bon de garnir les écarts de couvre-joints (*pl.* 57, *fig.* 411) assez longs pour donner un bon rivetage ; des fers spéciaux se fabriquent dans ce but. L'équerrage de la cornière droite se fait toujours en l'ouvrant ; par suite, on tourne le sommet de son angle vers l'avant ou vers l'arrière, selon qu'on se trouve à l'avant ou à l'arrière du couple milieu.

Varangues. — Les tôles varangues, dans la plupart des cas, ne peuvent se faire d'une seule pièce ; on met leur écart (*pl.* 57, *fig.* 412) alternativement d'un bord ou de l'autre, et on le garnit d'un couvre-joint à plusieurs rangs de rivets, ou bien on le soude. Les hauteurs des varangues au milieu sont fixées par le Lloyd d'après les dimensions des navires, de la manière suivante : les varangues ne doivent s'arrêter sur la membrure qu'à une hauteur au-dessus de la quille égale à deux fois la hauteur de la varangue au milieu ; si l'on mesure à partir de l'axe, sur la membrure, les $\frac{3}{8}$ du maître bau, on devra avoir en ce point un échantillon sur le tour au moins égal à la moitié de l'échantillon au milieu. Aux extrémités, les varangues sont beaucoup plus hautes (*pl.* 57, *fig.* 413), et occupent un espace difficile à utiliser ; on les évide largement (*pl.* 57, *fig.* 414), ou on les fractionne en plusieurs bandes horizontales.

Couples dévoyés. — Généralement les couples droits continuent, avec des équerrages croissants, jusqu'à l'étambot avant ; le dernier couple reçoit une varangue d'une grande hauteur (*pl.* 57, *fig.* 415), sur laquelle viennent se river des membrures rayonnantes, qui constituent la charpente du couronnement. L'allonge de poupe se réduit à deux cornières contournant la jaumière, et une tôle centrale rivée avec ce tube.

Quelquefois aussi, pour éviter des fatigues trop grandes aux cornières, on dévoie quelques couples à l'arrière (*pl.* 57, *fig.* 416) ; il est également nécessaire de les dévoyer, quand on a à percer des sabords normaux à la muraille, et que la membrure a un fort échantillon sur le tour, ce qui arrive souvent au-dessus du pont blindé des cuirassés. Si les sabords étaient compris entre deux membrures perpendiculaires au diamétral, l'obliquité de leur rencontre avec la muraille serait une grande gêne soit pour l'installation de canons, soit pour l'entrée de la lumière ; dans ce cas, la membrure doit être composée de deux branches rivées dans le plan diamétral avec une tôle longitudinale. Les barrots, qui, dans la construction en fer, sont toujours fixés directement sur les couples, ne se trouvent plus en correspondance verticale sur un même couple, et ne peuvent plus s'épontiller que par l'intermédiaire d'hiloires renversées, ou en faisant correspondre le barrot supérieur d'un couple avec le barrot inférieur du couple qui le suit. Dans ce cas, les barrots doivent être infléchis à leurs extrémités, pour venir s'appliquer sur le côté de la membrure, et ne forment plus un tirant de longueur invariable, s'opposant à tout écartement des murailles ; on ne devra donc pas développer, plus qu'il ne sera nécessaire, l'emploi des couples dévoyés.

Quelquefois des dispositions analogues sont appliquées aux couples de l'avant, non plus pour réduire les équerrages, mais pour consolider cette partie contre les abordages. La Persia, construite par MM. Napier (*pl.* 57, *fig.* 417), a ses couples droits arrêtés à une cloison de l'avant ; sur cette cloison viennent s'appuyer des couples, dont le plan est à peu près normal à celui de l'étrave ; ce sont des sortes de guirlandes, qui la consolident énergiquement ; on peut en établir d'analogues, même dans le cas des couples transversaux.

Couples en deux parties. — Il arrive souvent qu'en vue de conserver la continuité d'une carlingue centrale, dont nous verrons plus loin la disposition, on fractionne chaque couple en deux

parties, qui viennent se river ensemble au travers de cette carlingue. La tôle varangue, réduite à un triangle curviligne (*pl.* 57, *fig.* 418), est contournée sur ses trois côtés par la cornière principale du couple, et, sur son côté supérieur opposé, par la cornière renversée.

Quelquefois, on fait discontinues la tôle varangue et la cornière renversée, et on rend continue la cornière droite au moyen d'un couvre-joint, qui traverse la carlingue dans une entaille; les figures 419 et 420 de la planche 58 représentent la disposition adoptée à la Ciotat, pour les paquebots récemment construits pour la ligne d'Australie.

Quelquefois aussi (*pl.* 58, *fig.* 421-422), on fait passer le fer en U ou la cornière principale du couple par-dessus la carlingue centrale, et on ne rompt la liaison transversale que pour la tôle varangue, réunie au bordé des fonds par une cornière supplémentaire (Sfax).

Espacement des membres. — L'espacement des membres est réglé par la condition que le bordé soit suffisamment soutenu dans la maille, et contre les dépressions produites par des chocs extérieurs, et contre les gondolements qui peuvent se produire, quand les tôles sont soumises à des efforts de compression longitudinale. Pendant longtemps la distance de gabariage en gabariage a été d'environ $0^m,45$, quelquefois augmentée aux extrémités; les règles du Lloyd autorisent aujourd'hui un écartement, qui, suivant le nombre indicateur du bâtiment, varie de $0^m,51$ à $0^m,61$. Les règles du Veritas admettent des écartements atteignant au maximum $0^m,66$. On a encore dépassé ces limites, comptant peut-être sur le surcroît de rigidité que donne l'enveloppe en bois, sur le Tourville, où cette distance est de $0^m,666$; sur le Magellan et le Calédonien elle est de $0^m,73$; elle a été portée à $0^m,80$ sur le Milan, et à $0^m,90$ sur le Sfax. Enfin, sur les cuirassés, la membrure, reliée il est vrai de distance en distance par les lisses, est espacée de $1^m,20$ à $1^m,25$, et ces espacements considérables ne paraissent pas avoir amené de fatigues, même sur ceux qui, comme la Dévastation, ont subi l'épreuve d'un échouage.

Anguillers. — Dans tous les cas, il faut réserver au point le plus bas de la varangue, au-dessus de la cornière, un trou rond ou *anguiller* (*pl.* 58, *fig.* 423), pour permettre la circulation de l'eau dans toute l'étendue de chaque compartiment étanche, et sa concentration au pied de la pompe destinée à l'assécher.

Le fond du navire, jusqu'à la hauteur des anguillers, est recouvert d'un enduit imperméable, destiné à protéger les tôles contre l'action de l'eau, qui, incessamment agitée par le roulis, les userait avec une grande rapidité. Quelquefois on prolonge ce remplissage, jusqu'à lui faire recouvrir toutes les tôles du fond; il atteint une grande hauteur dans les formes acculées de l'extrême arrière. On l'exécute soit avec du ciment, auquel on incorpore des briques ou des cubes de bois, quand l'épaisseur est considérable; soit avec un mélange d'asphalte et de sable, ou enfin, ce qui est moins coûteux, avec un mélange de fraisil et de ciment de Portland.

Pour éviter les anguillers qui affaiblissent la tôle varangue, et le cimentage qui alourdit, on a quelquefois façonné le galbord à angle très arrondi (*pl.* 58, *fig.* 424), et on s'est servi comme d'anguiller du triangle laissé libre entre la quille, la membrure et le bordé; les anguillers ainsi obtenus, déjà faibles quand les fonds sont plats dans la maîtresse partie, se réduisent à rien aux extrémités du navire. Si l'on veut leur conserver une section suffisante, on est obligé de relever les couples à quelque hauteur au-dessus de la quille (*pl.* 58, *fig.* 425), disposition mauvaise, qui, en cas d'échouage, fait porter tout l'effort sur le bordé. L'usage d'anguillers percés dans la varangue est aujourd'hui général.

Quelquefois aussi, pour éviter qu'il ne reste dans les mailles de l'eau, quand on redoute l'excédent de poids, que donnerait une couche de ciment venant jusqu'à la hauteur de la cornière, on



infléchit celle-ci (*pl.* 58, *fig.* 426), de manière à ménager au-dessous d'elle l'anguiller. Il est facile de le former de cette manière, quand on a une membrure en deux parties, arrêtées à la carlingue centrale (*pl.* 58, *fig.* 427); il suffit d'épauler la cornière droite à son extrémité. On pratique des anguillers dans les carlingues, quand la position du pied des pompes l'exige; dans le cas contraire, il vaut mieux ne pas en percer, afin d'éviter la mobilité du lest liquide, toujours défavorable à la stabilité.

Quilles massives. — La quille est une forte liaison longitudinale placée à la base de la coque, mais elle n'est pas directement attachée aux couples, qui ne sont reliés à elle, le plus souvent, que par l'intermédiaire du bordé.

Le système le plus usité (*pl.* 58, *fig.* 428-429) consiste à composer la quille de barres de fer rectangulaires, plus hautes qu'épaisses, jonctionnées bout à bout à écart long. Le plus souvent les deux dernières virures du bordé, ou galbords, viennent se placer sur le côté de la quille, et se river avec elle (*pl.* 58, *fig.* 430); quelquefois on pratique une véritable râblure (*pl.* 58, *fig.* 431), dans laquelle ils viennent s'encastrer, disposition coûteuse et d'ailleurs peu usitée.

Les écarts, vu la faible épaisseur de la quille, sont disposés sur le droit (*pl.* 58, *fig.* 428-429); on ne pourrait assurer leur tenue dans l'autre sens, et, d'ailleurs, une partie des rivets qui les relient retiennent aussi les galbords. D'après les règles du Lloyd, l'écart doit avoir pour longueur au moins neuf fois l'épaisseur de la quille; les différentes pièces peuvent aussi être soudées bout à bout. Il y a généralement trois rangées de rivets en quinconce, dont les deux supérieures traversent les galbords. La mise en place de ces rivets doit être faite avec un soin tout particulier; on doit en placer d'abord quelques-uns pour réunir les deux pièces de quille, puis mater tout le pourtour de l'écart, pour éviter les voies d'eau; le rivetage du reste des rivets ne peut se faire qu'après la mise en place des galbords, et il est bon de ne faire le percement des trous des parties minces des écarts, qu'après leur assemblage. Généralement les galbords, après avoir suivi le contact de la membrure presque jusqu'à la quille, ou placés en recouvrement, se replient avec un congé très court, et viennent s'appliquer sur la face latérale de cette dernière.

Quilles en tôle. — Pour supprimer les anguillers, et souvent aussi faute d'avoir des ateliers de forge suffisamment outillés, on a composé les quilles de tôles assemblées. Tantôt une seule tôle a été pliée en forme de gouttière (*pl.* 59, *fig.* 432), et rivée aux galbords (monitor américain Dictator); tantôt on a formé une pièce rectangulaire creuse, soit d'une seule tôle (*pl.* 59, *fig.* 433), soit de plusieurs assemblées (*pl.* 59, *fig.* 434). Mais cette disposition ne permet une circulation facile de l'eau, que si l'on fait disparaître l'obstacle que lui opposeraient des couvre-joints intérieurs, soit en soudant les pièces de quille, soit en les amincissant à leurs extrémités, ainsi que les couvre-joints, disposition coûteuse et peu solide. On emploie fréquemment aussi des quilles composées de deux barres (*pl.* 58, *fig.* 419-420) appliquées sur le côté d'une âme centrale formant carlingue continue, ou de quatre bandes de tôle disposées de la même manière (*pl.* 59, *fig.* 435).

Quilles latérales. — On ajoute fréquemment, soit comme résistance additionnelle au roulis, soit comme support d'échouage, des quilles latérales. Souvent on les constitue avec un fer à boudin, fixé au bordé par deux cornières (*pl.* 59, *fig.* 436), ou de tôles fixées de la même manière et d'un fer à boudin (*pl.* 59, *fig.* 437). On emploie aussi des quilles en bois, retenues à la coque par deux cornières et des boulons (*pl.* 59, *fig.* 438-439-440), et garnies quelquefois en dessous d'une fausse-quille facile à arracher. Dans tous les cas, les cornières doivent être tenues sur le bordé par des prisonniers taraudés, et non par des rivets ou des boulons, afin que, dans les cas fréquents où la

quille peut être arrachée ou tordue, il ne se produise pas de voie d'eau. Il est même bon de les affaiblir par une gorge pratiquée au ras de la tôle de bordé.

Quilles plates. — Depuis l'agrandissement du tirant d'eau des bâtiments et surtout des grands cuirassés, on a été conduit, pour gagner la hauteur du tableau de quille, qui n'a plus d'intérêt dans ces navires au point de vue de la dérive, à remplacer la quille saillante et massive par une quille plate en tôle (*pl.* 59, *fig.* 441), en une seule ou deux épaisseurs, qui continue les galbords. On n'obtient pas de cette manière la rigidité longitudinale que donnent les quilles massives, mieux disposées que les quilles plates pour résister aux efforts de compression. En revanche, la carlingue est énergiquement reliée aux fonds, et les couples portent sur le bordé dans toutes leurs parties; enfin des cornières continues, nécessaires pour fixer la carlingue à la tôle de quille, ajoutent un supplément notable de liaison longitudinale. Nous décrirons ces quilles en même temps que les carlingues continues, dont on ne peut guère les séparer.

Carlingues. — Les carlingues, comme dans les navires en bois, consolident les fonds et donnent de la rigidité longitudinale, mais elles ne sont pas reliées directement à la quille; leurs formes et leurs dimensions peuvent varier à l'infini, suivant la résistance qu'on veut obtenir. Les plus simples, convenables pour de petits navires, se composent de deux cornières (*pl.* 59, *fig.* 442) ou d'un fer à T (*pl.* 59, *fig.* 443); d'autres, plus vigoureuses, comprennent tantôt une tôle armée de quatre cornières (*pl.* 59, *fig.* 444), tantôt un fer à double T (*pl.* 59, *fig.* 445) ou un boudin (*pl.* 59, *fig.* 446). Ces fers doivent toujours être rivés sur la cornière renversée, et sur un bout de cornière qui la double. Encore cette attache est-elle très insuffisante, et ne permet-elle que l'emploi d'un nombre de rivets bien inférieur à celui qui serait nécessaire, pour arriver à l'égalité de résistance entre la carlingue et ses rivets d'attache. Aussi vaut-il mieux dans ce cas, comme le prévoient les règles du Lloyd pour les carlingues creuses, interposer entre la carlingue et les couples une tôle qu'on peut river solidement, et avec la carlingue dans les mailles, et avec les couples, en lui donnant une largeur suffisante.

Pour obtenir des carlingues plus résistantes, on peut employer des carlingues tubulaires, formées de tôles planes (*pl.* 60, *fig.* 447-448), réunies par des cornières extérieures ou intérieures, et fixées aux membres par d'autres cornières et une tôle interposée.

Les carlingues sont souvent multipliées dans les fonds; outre la carlingue centrale, on en place d'autres de moindre importance, soit dans les fonds plats, soit au bouchain, soit d'autres plus élevées encore formant ceinture. Quand elles ne sont pas placées dans les fonds plats, on peut, sans inconvénient pour leur résistance, les retourner, pour diminuer l'encombrement de la cale, et les composer par exemple d'une tôle rivée à plat sur les membres (*pl.* 60, *fig.* 449), et bordée de deux cornières. Il est évident que toutes les pièces, qui sont placées bout à bout pour former les carlingues, doivent être solidement réunies, pour arriver autant que possible à la continuité de résistance, et que leurs écarts, dans ce but, doivent être décroisés, et entre eux, et même avec ceux de la quille.

Carlingues intercostales. — Le système précédent a l'inconvénient de ne fournir aucune liaison directe entre la quille et la carlingue, de ne les réunir que par l'intermédiaire des couples. Rien n'empêche les varangues de se déverser, en tournant autour de leurs arêtes inférieures, ce qui pourrait arriver, si, la quille et la carlingue étant soumises à des efforts de flexion trop considérables, il se produisait une tendance prononcée au glissement longitudinal; l'écrasement des fonds est donc toujours à redouter. On y remédie en employant des rectangles de tôle, interposés entre les couples, et réunis aux varangues par des bouts de cornière verticaux; ces carlingues, placées sur



une ou plusieurs files longitudinales, prennent le nom d'*intercostales*. Quelquefois elles descendent jusqu'à toucher le fond du navire; mais comme d'un côté elles doivent être découpées pour laisser passer la cornière droite du couple, cette disposition accroît le poids, mais non la solidité. Tantôt elles s'arrêtent au can supérieur des varangues (*pl.* 60, *fig.* 450-451), tantôt elles les dépassent, et sont garnies de deux cornières rivées par leur branche horizontale sur les couples (*pl.* 60, *fig.* 452). On ajoute souvent aussi à la partie supérieure un fer profilé, fer à boudin (*pl.* 60, *fig.* 453) ou à T, qui forme liaison longitudinale, enfin des bandes de tôle, rivées à plat sur les couples et sous les cornières des carlingues.

Ce système a l'avantage, tout en empêchant le renversement des varangues, de dégager une grande partie de la cale de l'encombrement des carlingues, pour lesquelles on utilise un espace qui, sans cela, serait perdu; mais il se prête moins bien à la résistance aux efforts de traction, toujours à redouter dans un échouage par les extrémités, ou en mer agitée. Sur la hauteur des varangues, on ne peut placer qu'un petit nombre de rivets; aussi croyons-nous qu'il convient plutôt, quand on recherche la résistance à la flexion longitudinale, de constituer, comme sur le Tourville (*pl.* 60, *fig.* 454-455), la carlingue de deux tôles, l'une discontinue placée à la partie inférieure, l'autre, à la partie supérieure, continue, traversée par les couples dans des entailles et renforcée par des cornières. On peut aussi combiner les deux systèmes de carlingues, en formant, par exemple, une carlingue tubulaire (*pl.* 60, *fig.* 456), dont une tôle se prolonge dans la maille, et vient se relier au bordé extérieur et aux varangues par des bouts de cornières. On obtient ainsi une très forte liaison longitudinale; on peut profiter de la hauteur que laisse disponible le plan de pose de l'appareil moteur, et en reliant des carlingues creuses ainsi disposées, par des entretoises transversales, ou par une surélévation des varangues, on obtiendra, avec une augmentation faible de poids, une base solide pour la machine et les chaudières.

Carlingues intercostales continues. — Dans le cas où, comme nous l'avons vu plus haut, les membres sont arrêtés au plan diamétral, la carlingue devient continue, et est rattachée aux deux branches des couples par des cornières verticales; on cherche alors à réunir les carlingues à la quille; on peut pour cela placer la carlingue en dehors de l'axe et la river sur le côté de la quille (*pl.* 60, *fig.* 457), surélevée d'une certaine quantité à l'intérieur des membres. On peut encore, ce qui est plus élégant, conserver la carlingue dans l'axe (*pl.* 58, *fig.* 419-420, et *pl.* 59, *fig.* 435), la prolonger jusqu'au-dessous de la quille, et rapporter de chaque côté des barres rivées avec elle et le galbord, dont l'assemblage constitue la quille. Les écarts des deux séries de barres, qui ont environ dix fois leur épaisseur, doivent être décroisés entre eux, et avec ceux de la tôle centrale. Tantôt dans ce cas la carlingue est arrêtée au can supérieur des varangues, comme sur la Nive (*pl.* 61, *fig.* 458), tantôt elle les dépasse (*pl.* 61, *fig.* 459), et on la garnit de deux ou de quatre cornières.

Dans ces diverses dispositions, on a soin de réunir les deux moitiés du couple, d'abord par les bouts de cornière qui les fixent à la carlingue, en outre, par une tôle posée à plat sur les varangues (*pl.* 61, *fig.* 458-460). Quand la carlingue dépasse les varangues (*pl.* 61, *fig.* 459), cette tôle est fractionnée en deux bandes reliées entre elles par les cornières, qui bordent longitudinalement les carlingues. Quelquefois aussi, comme nous l'avons vu plus haut, on réunit les deux branches du couple par un couvre-joint en cornière (*pl.* 58, *fig.* 419-420), qui, passant dans une entaille de la carlingue, croise les deux branches de la cornière renversée.

Carlingues continues et quilles plates. — Dans le cas des quilles plates, la liaison se fait plus simplement, au moyen de deux cornières longitudinales non interrompues. L'épaisseur de

la quille plate doit être au moins une fois et un tiers celle des galbords, sur $\frac{3}{5}$ de la longueur (Lloyd).

Les figures 461, 462 de la planche 61 donnent deux dispositions de cette espèce, avec carlingue s'arrêtant au niveau des varangues, ou les dépassant. Dans le premier cas, les cornières verticales sont épaulées sur les cornières longitudinales; la cornière droite s'arrête à la cornière de carlingue, et la cornière renversée, placée dos à dos avec cette dernière, lui est reliée par un rivet. Dans l'autre, ce sont les cornières droites qui viennent se relier à une des pinces des cornières longitudinales inférieures.

Sur les bâtiments cuirassés, la quille a été formée de deux épaisseurs de forte tôle, dont la première est sur le placage, en contact par ses bords avec les galbords, et dont la seconde, plus large, fait recouvrement et est rivée aux galbords. Sur les premiers cuirassés anglais construits de cette manière (Warrior) (*pl.* 59, *fig.* 441), la cornière extérieure du couple remontait le long de la carlingue; la varangue était coupée, mais à sa partie supérieure une bande étroite de tôle, armée d'une cornière, traversait dans une échancrure la carlingue, dont la cornière supérieure était par suite arrêtée à chaque couple. Depuis on s'est le plus souvent borné à faire traverser la cornière intérieure des couples; généralement aujourd'hui on y renonce (*pl.* 61, *fig.* 463), et les quatre cornières de la carlingue centrale sont continues d'un bout à l'autre. La tenue des deux branches du couple est très suffisamment assurée par les cornières d'attache à la carlingue et les deux bordés extérieur et intérieur.

CHAPITRE XXIII.

ÉTRAVE. — ÉTAMBOT.

Étrave. — L'étrave des bâtiments en fer continue la quille, et se relève en affectant un contour variable. Au début de la construction en fer, le manque de pièces de forge, la recherche de la légèreté, ont conduit à construire des étraves en tôle creuse emboutie (*pl.* 61, *fig.* 464), en deux épaisseurs, dont l'intérieure passait sous les abouts des bordages de l'avant et se rivait avec eux. Ces tôles, courbées dans deux directions perpendiculaires, offraient de grandes difficultés d'exécution, qu'on ne pouvait surmonter qu'avec des matériaux de premier choix; forcément fractionnées par petites longueurs, pour n'avoir pas une trop forte courbure, elles avaient des écarts nombreux et difficiles à exécuter; aussi l'usage universel aujourd'hui est-il d'employer des étraves massives.

L'étrave massive peut porter une râblure (*pl.* 61, *fig.* 465), pour recevoir les abouts du bordé, ce qui n'est pas inutile, pour qu'elle résiste bien aux chocs par l'avant; le plus souvent cependant on s'en dispense, pour éviter une dépense d'ajustage, et on se contente de l'affiner ou de l'arrondir à l'avant, pour diminuer la résistance de l'eau.

Jonction avec la quille. — L'étrave se termine à son extrémité inférieure par une partie horizontale prolongeant la quille, et s'y rattache par un écart (*pl.* 61, *fig.* 466) semblable aux écarts de la quille, quand celle-ci est formée d'une seule barre. Quand la quille est composée de deux barres rivées, on peut construire de la même manière l'étrave, mais le plus souvent on la forme d'une barre unique, qui reçoit en deux points différents les extrémités des barres de quille. Les figures 467 et 468 (*pl.* 61) donnent la disposition à bord du transport anglais l'Orontes. La tôle centrale est diminuée graduellement de hauteur, à partir d'une cloison étanche; la cloison étanche est traversée par les cornières longitudinales, mais non par les tôles placées à plat sur les varangues. Les deux barres embrassent l'étrave, en formant deux écarts, dont l'ensemble atteint une longueur de $1^{m},40$ environ.

Quand on a à réunir une quille plate en tôle à une étrave massive, le problème est un peu plus compliqué ; il faut plier graduellement les tôles, de manière qu'elles viennent épouser la forme de l'étrave (*pl.* 62, *fig.* 469), et les faire aboutir dans deux râblures pratiquées sur ses faces latérales. L'étrave peut être tenue par des prisonniers à des cornières rivées à la tôle centrale, et arrêtées à une cloison étanche; c'est ainsi que sont assemblées les étraves des transports de troupes pour l'Inde de la marine anglaise. Une disposition analogue a été adoptée pour le Northumberland (*pl.* 62, *fig.* 470); seulement, ce bâtiment devant combattre par le choc, des précautions spéciales et fort coûteuses ont été prises pour consolider l'étrave. Dans ce but, les tôles sont assujetties très

exactement dans leur râblure et butent contre sa face avant; de plus une cloison longitudinale vient se river sur le côté d'un prolongement intérieur, ménagé sur la face arrière de l'étrave, dont la figure montre plusieurs coupes. A sa partie supérieure, l'étrave a un assez fort échantillon, afin de recevoir dans des râblures le double bordé sous cuirasse, le matelas et la cuirasse; enfin, à sa rencontre avec la quille, l'étrave est fendue, et embrasse par une sorte de fourche l'extrémité des cornières, qui bordent le bas de la carlingue. Toutes ces dispositions en font une pièce d'un ajustage très compliqué; aussi a-t-on fréquemment renoncé à la cloison longitudinale rivée sur l'étrave, et s'est-on borné, pour beaucoup de bâtiments, aux râblures, déjà fort coûteuses.

Sur les bâtiments de commerce, où le même assemblage, quille en tôle et étrave pleine, se présente, on se borne à fermer graduellement la tôle de quille (*pl.* 62, *fig.* 471), de manière qu'elle vienne s'appliquer sur les côtés de l'étrave, avec laquelle elle est rivée comme les autres virures du bordé.

Étraves des cuirassés français. — Les cuirassés récemment construits en France ont généralement des étraves de formes moins compliquées, parce qu'on les arrête au can inférieur de la cuirasse, et que celle-ci, élargie à l'avant pour former éperon, est soutenue seulement par la charpente en tôle fortement consolidée; mais il importe de relier vigoureusement les deux extrémités de l'étrave à la charpente.

Sur la Tempête (*pl.* 62, *fig.* 472), l'étrave, à sa partie inférieure, est fixée, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, à la quille, qui se loge dans deux râblures échelonnées; à son extrémité supérieure, elle se retourne et forme un bras plus faible, qui longe le dessous du faux-pont; une cloison longitudinale centrale vient s'attacher par des cornières sur tout le contour intérieur de l'étrave; enfin, des cloisons horizontales et transversales évidées, garnies de cornières, complètent l'ossature d'un compartiment fermé, limité à une cloison étanche. Au-dessus du pont blindé, l'étrave se réduit à une tôle diamétrale, servant à l'attache du matelas, et reliée au bordé par deux fortes cornières. En outre, dans toute la partie inférieure, sur une longueur de 5 ou 6 mètres à partir de l'avant, tout le bordé est doublé.

D'autres dispositions dérivant du même système ont été adoptées; ainsi l'étrave du Terrible (*pl.* 63, *fig.* 473) se divise à sa partie supérieure en deux branches, retournées vers l'arrière, et logées dans l'angle de rencontre du pont blindé et du bordé extérieur. Un tenon, ménagé à son extrémité supérieure, vient s'encastrer dans une mortaise pratiquée à la base des deux plaques de cuirasse qui forment l'éperon. L'étrave de l'Indomptable est disposée de même, mais sans tenon.

Généralement aujourd'hui le dispositif de l'étrave est plus simple encore; la partie supérieure n'a plus de branches recourbées; on se contente de l'élargir, de manière à former un patin, qui vient se placer dans le prolongement du pont cuirassé, en dessous de l'éperon. Sur le Furieux (*pl.* 63, *fig.* 474), le tenon seul est conservé. Le Hoche a une étrave de ce genre (*pl.* 64, *fig.* 475); elle est reliée à la coque par une cloison médiane, qui continue la carlingue centrale, et s'attache sur sa face postérieure par deux fortes cornières. Au-dessus du faux-pont supérieur, cette cloison largement évidée se continue; prolongée presque jusqu'à la cuirasse, et renforcée par les aboutissements du double bordé sous cuirasse, elle forme la partie supérieure de l'étrave. L'étrave des canonnières type Achéron (*pl.* 63, *fig.* 476) est disposée d'une manière analogue.

Étambot. — Les étambots des navires en fer peuvent, comme les quilles et les étraves, être construits en tôle, en barres massives, en barres assemblées. L'étambot massif est seul adopté dans la pratique; seulement ses formes et ses dimensions varient beaucoup, selon qu'il appartient à un



bâtiment à hélice diamétrale, avec gouvernail ordinaire, avec gouvernail compensé, ou à un bâtiment à hélices jumelles.

Cages. — Dans le cas d'une hélice diamétrale et d'un gouvernail ordinaire, cas qui se présente sur presque tous les paquebots, le bâtiment a deux étambots, qui ne sont pas isolés comme sur les bâtiments en bois, mais qui, réunis au sommier et au dernier bout de quille, forment un cadre rigide, entourant la cage de l'hélice. Suivant la grandeur du navire, le cadre est fait d'une seule pièce, ou de plusieurs assemblées à écart long (*pl.* 63, *fig.* 477); souvent les étambots sont prolongés à la partie supérieure, et reliés à des cloisons de la coque; l'étambot arrière porte toujours des renforts formant femelots du gouvernail, et quelquefois un massif à mi-hauteur, formant palier pour le bout arrière de l'arbre porte-hélice. La figure 478 (*pl.* 63) donne la disposition des étambots des transports des troupes anglaises : il existe un écart dans le sommier, et l'étambot arrière est fixé à la quille par des boulons, renforcés contre les efforts de cisaillement par un assemblage à queue d'aronde.

Plus fréquemment, le cadre de l'étambot est en trois pièces, réunies par des écarts longs; quant à la quille, elle est, selon sa forme, rattachée à l'étambot de la même manière qu'à une étrave massive. Souvent elle s'élargit horizontalement entre les deux étambots, pour résister plus efficacement aux efforts transversaux du gouvernail, et augmenter la hauteur de la cage.

La liaison des étambots avec le reste de la coque s'effectue par le bordé extérieur et le tube d'étambot; quelquefois on fait aboutir sur l'étambot avant, comme sur l'étrave, une cloison médiane, sorte d'épanouissement de la carlingue centrale. Enfin les prolongements supérieurs des étambots peuvent être reliés aux ponts; quelquefois l'un d'eux peut se bifurquer en s'amincissant au-dessus du sommier, et se river à l'intérieur du bordé. Cette disposition, solide mais compliquée, a été proposée pour le König Wilhelm, avant qu'il ne reçût un gouvernail compensé; la tête de l'étambot avant venait s'encastrer dans un pont.

Suppression de l'étambot arrière. — Sur presque tous les cuirassés, le gouvernail est compensé, et par suite l'étambot arrière supprimé; le sommier et le prolongement de la quille présentent deux renflements, dans lesquels passent la mèche et le tourillon du gouvernail. La figure 479 (*pl.* 64) représente l'étambot de l'Amiral-Duperré fractionné en deux pièces, réunies par un écart long, avec clefs à queue d'aronde; l'étambot se prolonge très haut, et forme allonge de poupe.

Sur quelques bâtiments (Bellerophon, Redoutable), le patin horizontal en fer forgé a été complètement supprimé, et remplacé par un prolongement de la quille plate en tôle. L'une des tôles de quille (*pl.* 64, *fig.* 480-481) se relève verticalement de chaque côté de l'étambot, et se rive sur lui; la tôle extérieure s'élargit pour former le patin; elle est recouverte par deux autres tôles, dont la supérieure a un bord rabattu rivé sur les côtés de l'étambot; enfin un fer plat, rivé sous le pourtour du patin, augmente sa rigidité; ce dernier est percé d'un large évidement, destiné à diminuer les chocs dus au tangage. L'étambot s'arrête un peu au-dessus du tube, à la hauteur d'un pont; il se retourne horizontalement en se bifurquant, et se rive sous le pont et contre le bordé extérieur.

Sur les bâtiments à hélices jumelles, avec gouvernail compensé ou non compensé, l'étambot se réduit à bien peu de chose, quand l'épaisseur de la coque, comme sur la plupart des cuirassés, est assez forte pour qu'on puisse continuer l'assemblage des tôles et des cornières jusqu'à l'extrême arrière. Dans ce cas la partie verticale de l'étambot est très courte (*pl.* 64, *fig.* 482); elle est recouverte par une tôle, cintrée de manière à continuer sa forme ogivale, et assemblée avec lui par des prisonniers dans une râblure; la branche horizontale se réunit d'un côté avec la quille à la



manière ordinaire, et vient de l'autre recevoir le tourillon du gouvernail, dans un logement ménagé à la distance convenable de l'étambot. Quelquefois il est continué, comme sur le Terrible (*pl.* 63, *fig.* 483), jusqu'au-dessus de la jaumière. Il convient de laisser à la branche horizontale assez de longueur pour qu'un vide subsiste entre la branche verticale et le gouvernail ; sans cela le moindre corps flottant pourrait empêcher de redresser la barre.

Nous pourrons encore citer, comme dispositif spécial, l'étambot du Furieux, bâtiment à deux gouvernails. A sa partie inférieure (*pl.* 64, *fig.* 484-485), l'étambot se bifurque pour porter les tourillons des deux gouvernails; il est enveloppé par deux tôles pliées, rivées avec le bordé, et appuyé par deux cornières intérieures. La section est rectangulaire, et la forme ogivale est donnée par deux garnis en bois, fixés sur une âme en tôle, que deux cornières rattachent à la face arrière de l'étambot. A sa partie supérieure l'étambot pénètre à l'intérieur de la coque, diminue d'échantillon et se rive sur une cloison étanche, armée de deux cornières verticales.

Tubes d'étambot. — Les arbres porte-hélices doivent passer de l'intérieur à l'extérieur du navire dans un tube étanche, empêchant l'irruption de l'eau dans la cale. Sur les bâtiments de commerce, qui très souvent ont des hélices en fonte, on se contente de former un tube en tôle, qui vient se river, à son extrémité avant, sur une surélévation des varangues, souvent prolongée pour former cloison étanche. Ce tube doit être relié par une collerette en cornière à quelques-uns des couples qu'il traverse, et son extrémité arrière se loge dans une feuillure, à l'intérieur du trou rond percé dans le renflement de l'étambot. Souvent, quand le tube a peu de longueur, on le fait, par économie, en fonte (*pl.* 65, *fig.* 486); mais cette disposition, lourde et peu solide, n'est pas à recommander.

Sur les bâtiments de guerre, l'hélice est généralement en bronze; on est par suite conduit à recouvrir l'arbre, jusqu'à sa rentrée par le presse-étoupes, d'une chemise en cuivre rouge chaudronné. Il arrive quelquefois que, dans le but de protéger le tube en tôle contre l'oxydation, on place à son intérieur (*pl.* 65, *fig.* 487) un tube concentrique en tôle de cuivre, qui, impropre par lui-même à supporter les efforts de flexion de la coque, doit être renfermé dans un tube en tôle de fer. Le tube extérieur, quand le bâtiment est de grande dimension, se fait en deux épaisseurs, rivées l'une sur l'autre à joints décroisés, et réunies aux varangues par des collerettes en cornière; il s'arrête à la varangue surélevée qui porte le presse-étoupes, et s'engage dans une feuillure pratiquée dans l'étambot. Souvent le tube en tôle de cuivre est isolé du fer par une couche de suif coulé à chaud, après mise en place, et ne le touche que par des portées ménagées à ses extrémités; il est en outre soutenu par une cale longitudinale en bois, qui l'empêche de fléchir.

Dans les navires à deux hélices, le tube de chaque arbre se constitue de la même manière ; mais son passage au travers de la muraille offre quelques difficultés. Si on ne veut pas couper les membres (*pl.* 66, *fig.* 488), on est conduit à infléchir ceux que rencontre le tube, et à le leur faire contourner, ce qui produit une déformation de la carène nuisible à la marche. Il est préférable de couper franchement les membres que l'on ne peut éviter, d'infléchir à l'intérieur ceux que l'on pourra dévier, et de les relier tous soit par des entremises, soit par un cloisonnement horizontal. C'est ainsi que l'on procède d'ordinaire sur les bâtiments construits avec des membrures tronçonnées (*pl.* 66, *fig.* 489); on fait passer le tube entre deux lisses, et le grand écartement des membres, joint à leur grande hauteur, fait que bien peu de cornières sont coupées. Quelquefois aussi on fait suivre à une lisse la direction de l'axe du tube, et on réunit par des cornières longitudinales la lisse et le tube, ce qui donne à leur ensemble une grande rigidité.

Le bordé extérieur épouse la forme du tube, et se prolonge en le recouvrant, jusqu'à une pièce en fer forgé, appliquée sur la muraille par un long patin, et recevant à son intérieur le palier



de sortie et l'aboutissement du tube, ce dernier se logeant dans une feuillure. Cette pièce doit être très solidement attachée, et des consolidations intérieures, telles que des taquets triangulaires, se rattachant à une cloison transversale, doivent être établies.

La sortie de l'arbre, même ainsi disposée, forme encore une excroissance défavorable à la marche. Il vaut mieux, quand on le peut, augmenter un peu la distance qui sépare le palier de sortie des supports d'arbres, et loger ce palier à l'intérieur même du tube.

Supports d'arbres. — Les arbres sont supportés, dans le voisinage de l'hélice, par un palier soutenu par deux jambes de force obliques, venant porter sur la carène. Quand les dimensions sont faibles (*pl.* 66, *fig.* 490), les deux bras et le palier sont formés d'une seule pièce de forge; dans les grands cuirassés (*pl.* 67, *fig.* 491), on est obligé, pour réduire le poids, de forger séparément le palier et les patins; ces trois pièces sont réunies par des tubes, dont la section est une double ogive, formés de deux tôles, garnies de cornières qui les consolident intérieurement; ils sont tenus par des prisonniers sur les amorces ménagées à cet effet aux patins et aux paliers. Des prisonniers et des boulons servent également à la fixation de cet ensemble sur la coque, qui doit être, en cet endroit, consolidée vigoureusement par l'intérieur.

Quand la finesse de l'arrière conduit à des arbres extérieurs trop longs, on peut, comme on l'a fait sur le Milan, établir deux supports d'arbre.

CHAPITRE XXIV.

CHARPENTE DES PONTS. — MURAILLE DES GAILLARDS.

Formes de barrots. — Les baux des bâtiments en fer sont toujours reliés directement aux membres; ils sont formés de barres de fers profilés, ou d'assemblages de ces barres.

Pour des ponts très légers, on forme les barrots d'une simple cornière ou de deux cornières adossées (*pl.* 66, *fig.* 492); pour obtenir une résistance plus grande, on emploie soit une tôle armée de quatre cornières, soit un double T, soit un fer en U (*pl.* 66, *fig.* 493). Pour les paquebots, on se sert généralement de fers à boudin, armés de deux cornières à leur partie supérieure, ou de fers à T et à boudin (*pl.* 66, *fig.* 494), qui donnent au barrotage une apparence de légèreté.

Les règles du Lloyd donnent, pour les barrots en fer à boudin, les proportions suivantes: hauteur $\frac{1}{48}$ du maître bau, largeur des pannes $\frac{3}{4}$ de la hauteur environ, épaisseur de l'âme $\frac{1}{16}$ de la hauteur; les autres profils doivent être proportionnés de manière à donner une résistance équivalente. Les barrots ayant une longueur inférieure aux $\frac{3}{4}$ du maître bau ont des échantillons un peu plus faibles.

Les barrots ont à résister à des efforts de flexion, causés par les charges de position variée, qui pèsent sur le pont; ils servent en outre tantôt de tirants, tantôt d'entretoises, pour maintenir constant l'écartement des murailles. Il convient par suite de rechercher les formes, qui donnent le moment d'inertie maximum, autour d'un axe perpendiculaire au plan de l'âme, sans cependant réduire outre mesure les dimensions de cette dernière. Si les nécessités du laminage permettaient cette réduction, on aurait à redouter une rupture par glissement longitudinal, et c'est une éventualité qu'il ne faut pas perdre de vue quand, ainsi qu'on le fait quelquefois, on évide l'âme pour alléger le barrot.

Les pannes doivent avoir une largeur suffisante pour permettre la mise en place des vis ou boulons d'attache du bordé en bois, et, s'il y a lieu, des rivets d'attache du bordé en tôle. Pour cette raison, il faut, autant que possible, que leurs faces supérieure et inférieure soient parallèles.

Les barrots se commandent avec leur bouge, que l'on définit généralement, pour plus de simplicité, par le rayon d'un cercle, et, au sortir du laminoir, les barres encore chaudes sont appliquées sur un moule de forme convenable; le refroidissement modifiant la courbure, il y a toujours des retouches à faire à la presse, avant la mise en place.

Écarts. — Quand le navire a trop de largeur pour qu'on puisse obtenir le barrot d'une seule pièce, on a soin de consolider l'écart au moyen d'un double couvre-joint (*pl.* 67, *fig.* 495)

appliqué sur les deux faces de l'âme, et d'un couvre-joint placé à chacune des pannes, s'il s'agit d'un double T; tous ces couvre-joints doivent avoir trois rangs de rivets. On agit d'une manière analogue pour des barrots d'autres sections; mais aujourd'hui ce n'est guère que pour les grands cuirassés, ayant des barrots à double T de forte hauteur, que le cas peut se présenter.

Courbes des barrots. — Quelle que soit la section du barrot, sa hauteur est toujours augmentée vers les extrémités, de manière à former une courbe assurant l'invariabilité de l'angle du pont et de la muraille. La courbe ainsi obtenue doit, d'après les règles du Lloyd, avoir 2 fois 1/2 la hauteur du barrot.

Pour des barrots de faux-pont et de cale, on s'est contenté souvent d'un taquet en tôle placé sous le barrot (*pl.* 67, *fig.* 496); une tôle longitudinale interposée relie tous les barrots entre eux, est réunie à la muraille par une cornière, et contribue avec une tôle gouttière à former ceinture. On peut aussi, et plus simplement, placer le taquet en tôle sur le côté du barrot, et le river avec lui et avec la membrure.

Dans les endroits habités, on cherche plus d'élégance : on forme la courbe en ouvrant le barrot vers son extrémité (*pl.* 67, *fig.* 497), et en donnant une courbure régulière à sa moitié inférieure. Dans le vide laissé entre les deux moitiés du barrot, on soude quelquefois un mouchoir triangulaire; si le barrot est d'assemblage (*pl.* 67, *fig.* 498-499), l'âme est courbée, et le mouchoir comble le vide laissé à la partie supérieure. Plus souvent, pour les forts barrots employés sur les navires de guerre (*pl.* 67, *fig.* 500-501), on ajoute sur le côté de l'âme un ou deux triangles en tôle, que l'on rive avec l'âme par une ligne de rivets en quinconce.

Quelquefois, au lieu du mouchoir complet, on soude une simple entretoise (*pl.* 67, *fig.* 502), réunissant les parties les plus écartées des deux branches de la courbe (Tourville). Enfin, pour un barrot fait d'une seule cornière (*pl.* 68, *fig.* 503), la courbe se réduit à un gousset en tôle de forme convenable, que l'on rive sur le côté du barrot, après avoir garni, si on le juge nécessaire, son bord intérieur soit de deux demi-fers à boudin, soit d'un bout de cornière plus légère.

Le travail des courbes de barrots doit être exécuté avec quelques précautions; la fente de séparation se fait à chaud à la tranche, à froid par une série de trous de poinçon, et plus souvent aujourd'hui dans les arsenaux à la scie circulaire; on peut encore employer une cisaille, mais on gauchit les deux morceaux séparés, qu'il faut ensuite ramener dans le même plan. En tout cas, il faut arrêter la fente à un trou de 20 millimètres environ de diamètre, percé au foret, sous peine de la voir se prolonger pendant l'opération du cintrage, qui se fait par les procédés que nous décrirons plus loin. La surface intérieure formée par toutes les crosses de barrots doit être régulière, et s'accorder avec les formes à rentrée ou à dévers de la muraille; vers les extrémités tout au moins, la courbure des crosses doit être variable, et leur hauteur, qui est quelquefois gênante, peut sans inconvénient être diminuée.

Attache avec les membres. — La réunion du barrot et de la membrure se fait de diverses manières, suivant les profils de l'un et de l'autre. Dans le cas le plus fréquent, où la membrure est en forme de Z (*pl.* 68, *fig.* 504), le barrot se rive sur le membre, du côté opposé à la cornière renversée; la semelle supérieure est arrêtée d'un côté à la pince de la cornière droite appliquée sur le bordé, de l'autre à la cornière renversée; la semelle inférieure s'arrête au trait intérieur de la membrure.

Si, comme il arrive quelquefois, il y a une seconde cornière renversée, l'âme seule est continuée, à partir du bord intérieur de la membrure, et passe sous cette cornière supplémentaire épaulée en conséquence.



Quelquefois aussi l'âme du barrot (*pl.* 68, *fig.* 505) se loge entre la cornière droite et la cornière renversée; une cale triangulaire est placée entre les deux cornières, et évite les épaulements. Quand on a une membrure et des barrots en fer en U, la jonction devient facile en mettant en contact leurs faces planes, avec interposition d'une tôle formant courbe.

Si la membrure s'arrête au pont, et que le barrot soit un fer profilé du même échantillon (*pl.* 68, *fig.* 506), on peut faire former à l'une et à l'autre la moitié de la crosse, les deux parties cintrées se raccordant. La jonction est faite par un mouchoir double ou simple en tôles rivées, et un couvre-joint réunissant les semelles; quelquefois aussi (*pl.* 68, *fig.* 507) on dispose le barrot et le membre de manière que les crosses puissent se croiser, et être rivées au travers du mouchoir.

Barrots dévoyés. — Dans certaines parties du navire, aux extrémités quand il y a des couples dévoyés, dans les parties arrondies de certains réduits cuirassés, dont les membrures doivent toujours être normales au contour extérieur, on est obligé de faire faire aux bouts du barrot (*pl.* 68, *fig.* 508) un angle avec sa direction générale. Ce travail se fait assez facilement à la forge; mais on devra éviter autant qu'on le pourra ce genre de barrots, qui donnent moins de résistance aux chocs des projectiles, et à l'écartement des murailles.

Espacement et renforcement. — Le plus souvent on met un barrot tous les deux couples, ce qui, avec la distribution ordinaire, espace les barrots de 1^m à $1^m 20$. Aux points sujets à des fatigues spéciales, sous les tourelles, sous les canons, on diminue de moitié cet écartement; souvent aussi on augmente la résistance du barrot, en prenant une barre de même profil, mais de poids augmenté par une surépaisseur, que l'on donne à l'âme en modifiant l'écartement des cylindres du laminoir, en même temps qu'on obtient un léger élargissement des ailes; toutes les usines fournissent des profils renforcés de cette manière.

Quelquefois aussi on prend un profil différent; mais même avec les grandes hauteurs d'entrepont des navires actuels, l'établissement du can inférieur des barrots à des hauteurs variables est toujours gênant, pour l'installation des accessoires qui s'y attachent, collecteurs d'incendie, tuyautages divers, ou qui peuvent les traverser, comme les drosses. Dans les points de fatigue, on augmente la hauteur des courbes des barrots, jusqu'à les transformer en de véritables porques (*pl.* 68, *fig.* 509), venant se relier aux barrots du pont inférieur. Il faut, bien entendu, pour cela, qu'il n'y ait pas de canon sur le pont inférieur à cet endroit.

Quand il n'y a pas de plafond complet en tôle, l'écartement des barrots est généralement trop considérable pour que le calfatage du bordé puisse tenir; on place entre les barrots des lattes, composées d'une simple cornière, et prenant appui en abord sur la tôle gouttière.

Entremises. — On ne met pas en général de files d'entremises, arc-boutant les barrots comme sur les bâtiments en bois; leur usage est à la fois nuisible et inutile. Il est nuisible, parce que l'attache des entremises sur les barrots crée forcément une ligne de rupture transversale, ainsi que l'ont démontré des expériences récentes de tir sur des ponts cuirassés; il est d'ailleurs inutile parce que, l'entremise n'ayant d'autre but que de rendre plusieurs barrots solidaires les uns des autres, on obtient tout aussi sûrement ce résultat par une tôle rivée à plat sur eux, qui ne les affaiblit que très peu, ses points d'attache étant, à peu de chose près, ceux qui serviraient à la tenue du bordé. Aussi pensons-nous qu'on doit ne conserver les entremises, qu'aux endroits où elles ont pour but de résister à des efforts normaux aux ponts, c'est-à-dire aux entourages des panneaux.

Panneaux. — Le cadre d'un panneau (*pl.* 69, *fig.* 510) se compose de deux barrots formant face avant et arrière, et de deux entremises prises dans des barres droites de même profil, et taillées



à leurs extrémités suivant la section transversale des barrots; deux bouts de cornière, placés dans l'angle, fixent les entremises aux barrots; quand le panneau est long, on place des faux-baux, reliés à l'entremise de la même manière. Quelquefois les dimensions, que l'on est forcé de donner au panneau des chaudières, sont trop considérables pour qu'on puisse, en service courant, lui conserver son ouverture; dans ce cas (*pl.* 69, *fig.* 511) on construit le panneau à la demande de la chaudière; on réduit son ouverture au moyen d'entremises plus rapprochées de l'axe, et de bouts de barrots démontables, que l'on boulonne avec les entremises en prolongement de la partie fixe des barrots. Il est préférable de faire ces assemblages par un bon rivetage, qu'on a toujours le temps de couper et de refaire, dans les occasions heureusement assez peu fréquentes, où on a à débarquer les chaudières.

Les surbaux sont formés de tôles verticales (*pl.* 69, *fig.* 512), qu'on rive sur une cornière, placée elle-même sur les barrots et les entremises, tout autour des panneaux; l'assemblage de ces tôles est plus facile, quand les barrots et entremises sont des barres en U (*pl.* 69, *fig.* 513), dont on tourne la face plane vers l'intérieur du panneau. Le bord supérieur de la tôle reçoit un fer demi-rond pour obtenir un peu de raideur, et l'intérieur une cornière, qui sert de feuillure pour les panneaux ou caillebotis.

On préfère souvent et avec raison les panneaux à angles arrondis; on rive dans ce cas à plat sur les barrots une tôle (*pl.* 69, *fig.* 510, M), dont le contour intérieur est découpé suivant la forme que l'on veut donner au panneau, et c'est sur cette tôle qu'on rive la cornière d'attache du surbau. On évite ainsi des angles, qui sont une gène pour la circulation du pont, sans pour cela restreindre sensiblement la section utile du panneau.

On ajoute souvent dans les panneaux de grande dimension une galiote en cornière, reposant dans deux consoles en fer forgé, rivées sur le surbau.

Étambrais. — Les étambrais de mâts peuvent se faire de la manière suivante : on rive à plat sur le pont et sous barrots deux tôles évidées (*pl.* 69, *fig.* 514), reliant ensemble les barrots avant et arrière, et quelquefois ceux qui les suivent. Si l'étambrai coupe un barrot, on arrête ce dernier sur une entremise rivée avec les deux tôles et les barrots voisins. Un cylindre en tôle, de section convenable pour renfermer le mât et ses coins, est réuni aux deux tôles par des collerettes en cornières.

On peut disposer de la même manière les étambrais de cabestan, et d'une manière générale, toutes les fois que, pour des attaches de cette nature, on pourra se dispenser de remplissages en bois entre barrots, on fera bien d'avoir recours uniquement au fer. Les remplissages sont faciles à mettre en place et peu coûteux; mais avec quelque soin qu'on les ajuste, ils ne tardent pas, par le dessèchement, à jouer et à offrir peu de solidité.

Épontillage. — Les épontilles sont presque toujours placées sous les barrots qu'elles doivent soutenir, et, les barrots se correspondant en file verticale, leur pied est solidement appuyé. Elles sont faites soit de barres cylindriques pleines, qui résistent mal aux efforts d'écrasement, et surtout aux chocs transversaux, soit de tubes en fer creux, ce qui est préférable. Souvent enfin on emploie des barres de fers profilés, telles que les doubles T, qui ont l'inconvénient d'avoir un moment d'inertie faible dans un sens, et d'être sujets à fléchir, s'ils ont une grande longueur. D'autre part les fers à T simple ont l'avantage de jouer le double rôle d'épontilles et de montants de cloisons; les cloisons étanches tranversales et longitudinales, si nombreuses aujourd'hui sur les bâtiments de guerre, peuvent le plus souvent suppléer les épontilles; il en est de même des cloisons d'emménagement convenablement renforcées.

L'attache des épontilles varie suivant leur forme : quand on a une épontille en fer plein et un barrot à boudin (*pl.* 69, *fig.* 515), on étire à la partie supérieure une queue aplatie, qui contourne le boudin, s'applique sur le côté du barrot et lui est rivée. Le pied s'élargit et reçoit quatre boulons, qui traversent la semelle du barrot inférieur. Si l'épontille est creuse (*pl.* 69, *fig.* 516), ses extrémités sont formées par des pièces de fer forgé, qui entrent dans le tube, et lui sont réunies par des rivets.

Quand les barrots ont la forme à double T ou des formes analogues, la tête de l'épontille est aplatie et vient se river sous le barrot. Si l'épontille est forte (14 à 16 centimètres), on aura une tête plus légère, en la formant d'une collerette en tôle d'acier emboutie (*pl.* 70, *fig.* 517-518), que l'on vient placer sous le barrot, élargi en ce point par un morceau de tôle rivé à plat sous lui. Le pied de l'épontille peut avoir la même forme, et, si l'on veut qu'elle travaille efficacement comme tirant, il conviendra de la faire descendre jusqu'au barrot inférieur, de la river avec lui et de la recouvrir par le bordé en bois (*pl.* 70, *fig.* 517), ou de l'entourer d'une seconde collerette (*pl.* 70, *fig.* 518), l'intervalle entre les deux étant garni de ciment.

Les épontilles en fer à double T peuvent être réunies aux barrots (*pl.* 70, *fig.* 519) par quatre bouts de cornières, réunissant les semelles de l'épontille et du barrot; le pied sera tenu sur le barrot inférieur par des bouts de cornières semblables.

Si des épontilles doivent passer à peu de distance des barrots d'un pont intermédiaire, on peut facilement les leur faire supporter, au moyen de consoles en tôle et cornières.

Souvent quand les barrots ont une grande hauteur, on peut craindre que sous l'effort des épontilles ils n'aient une tendance au déversement, qui ôterait toute efficacité à l'épontillage. Dans ce cas on réunit les barrots consécutifs par une file d'entremises; mais c'est surtout pour les hiloires renversées, qui supportent l'effort de plusieurs barrots, que ce déversement est à redouter.

Hiloires renversées. — Les hiloires renversées servent à supporter les barrots, que les dispositions locales, l'établissement au-dessous d'eux de machines, de chaudières, de cales de chargement ne permettent pas de soutenir directement par des épontilles; on les forme de fers profilés à double T (*pl.* 70, *fig.* 520), ou d'assemblages analogues. Si leur extrémité repose sur une cloison transversale, on la façonne en forme de crosse, avec les dispositions usitées pour les barrots, et on la réunit à la cloison par deux bouts de cornière verticaux.

Au droit des épontilles, on place souvent, de chaque côté de l'hiloire renversée (*pl.* 70, *fig.* 521-522), deux grands taquets en tôle, qui empêchent le déversement. On emploie plus simplement dans ce but deux cadres en cornières épaulées (*pl.* 70, *fig.* 523), ou en tôle d'acier emboutie, contournant la section de l'hiloire au-dessus de l'épontille. Les taquets d'attache et les hiloires peuvent être allégés par des trous ronds ou ovales, découpés à l'emporte-pièce.

Tôles gouttières. Fourrures de gouttière. — Si l'on considère le navire, comme on le fait habituellement, comme une poutre creuse, qui, suivant sa position sur les lames, est supportée tantôt par le milieu, tantôt par les extrémités, on remarque que la semelle inférieure de cette poutre, composée de la quille, des carlingues, du bordé des fonds, est très fortement constituée, et que, pour que la solidité du navire soit assurée, il faut également accumuler de la matière dans les hauts, loin de la fibre neutre. C'est ce qu'on fait en renforçant le bordé extérieur, et surtout en y ajoutant des tôles gouttières, des fourrures de gouttière, des bandes longitudinales ou diagonales, des bordés de pont complets en tôle. Ces consolidations, que l'on fait plus puissantes aux ponts supérieurs, n'ont pas seulement en vue la solidité longitudinale; elles complètent l'attache des barrots aux membres aux divers ponts; de plus le navire est soumis par le choc des lames à des efforts

obliques, sorte de flexion autour d'un axe vertical, auxquels il importe de le mettre en état de résister.

On place à plat sur les barrots une *tôle gouttière* (*pl.* 71, *fig.* 524-525), qui, pour les ponts intermédiaires, est généralement prolongée jusqu'au bordé ; elle est entaillée pour le passage des membres, ou complétée par des bouts de tôle intercostaux, et est rattachée au bordé par des tronçons de cornière. Quand on veut que la maille soit bouchée, on arrête la gouttière à l'intérieur des membres (*pl.* 71, *fig.* 526), et on la continue en maille par des tôles intercostales, découpées suivant le contour des membres, et bordées d'une cornière épaulée, dont les bouts se rivent sur une cornière longitudinale intérieure. Tout cet assemblage peut être fait parfaitement étanche.

La tôle gouttière du pont des gaillards se prolonge toujours jusqu'au bordé extérieur, auquel elle est réunie par une cornière ; les membres sont arrêtés à ce pont, afin qu'une étanchéité complète puisse être obtenue, et la muraille des pavois est soutenue par des jambettes indépendantes de la membrure principale.

Quelquefois enfin (œuvres légères des grands cuirassés), on ne continue pas la gouttière jusqu'au bordé ; on la complète (*pl.* 71, *fig.* 527-528) par une vaigre bretonne en tôle, à laquelle elle est reliée par une cornière. Pour alléger cette vaigre, on peut diminuer graduellement sa hauteur jusqu'au milieu de la maille, tout en lui laissant sur les membres la hauteur nécessaire pour un bon rivetage.

Aux extrémités du navire, les tôles gouttières, diminuées graduellement de largeur, se rencontrent, et sont réunies par un couvre-joint ; avec les cornières qui les fixent au bordé et aux membres, elles constituent une forte tablette, et relient efficacement les deux flancs du navire.

Les joints transversaux des tôles gouttières, comme d'ailleurs ceux de toutes les liaisons longitudinales, doivent être l'objet d'une étude attentive ; on doit chercher à réaliser des joints aussi vigoureux que possible, sans oublier que la tôle est forcément affaiblie par le rivetage sur chaque barrot, et qu'il est par suite inutile de chercher une résistance plus grande, que celle qui subsiste en ces points. On doit même, pour mieux parer aux efforts dynamiques d'allongement, réduire par des évidements la section de la tôle, aux points où elle est intacte, à ce qu'elle est aux joints ; cette question sera étudiée avec plus de détails à propos du rivetage.

Quand on recherche une résistance longitudinale exceptionnelle, on peut faire usage de fourrures de gouttière tubulaires, formées de tôles et de cornières, et analogues aux carlingues creuses ; il faut pour cela n'avoir rien à placer sur le pont en abord. Les figures 529 à 531 de la planche 71 donnent plusieurs dispositions de ces fourrures de gouttières ; au pont supérieur (*fig.* 529), la fourrure de gouttière est directement reliée au bordé ; aux ponts intermédiaires (*fig.* 530-531), il est bon qu'une des tôles horizontales se continue en maille, et soit rattachée au bordé. Ces fourrures de gouttière fournissent un moyen commode de consolider un bâtiment affaibli ; sur un bâtiment neuf, un accroissement de largeur de la tôle gouttière, l'installation au besoin d'un bordé complet en tôle sera tout aussi efficace, et laissera plus libre la circulation du pont.

Les écarts des diverses pièces, qui composent ces fourrures de gouttière, doivent être contrariés ; la disposition des cornières doit être étudiée pour que le rivetage puisse se faire, ce qui n'est pas toujours possible, quand le vide intérieur est trop faible pour qu'un homme puisse y pénétrer.

Très souvent la tôle gouttière (*pl.* 71, *fig.* 532) porte une seconde cornière longitudinale, à laquelle est arrêté le bordé en bois ; entre elle et la cornière qui longe les membres, est ménagé un canal, dont le fond est garni de ciment, et qui sert à l'écoulement des eaux. Cette disposition très usitée sur les gaillards des paquebots, n'est pas à recommander sur les ponts garnis d'artillerie : elle gêne l'établissement des chevilles ouvrières ; elle peut être l'occasion de chutes dangereuses, dans les mouvements rapides de la manœuvre et du combat.



Hiloires des ponts. — De chaque côté des panneaux les plus larges, on place une bande de tôle rivée sur chaque barrot (*pl.* 71, *fig.* 533), jouant, comme nous l'avons dit plus haut, le rôle des files d'entremises pour les efforts de traction. Les observations faites au sujet des joints des tôles gouttières s'appliquent aux hiloires, qu'il sera généralement difficile d'alléger par des évidements, vu leur faible largeur. Le long des panneaux, elles sont rivées à la semelle supérieure des entremises; deux bandes transversales, rivées sur les barrots, terminent l'entourage du panneau.

On complète souvent la liaison du pont par un réseau de lattes diagonales, disposées de manière à éviter les panneaux, et rivées à leurs extrémités sur les gouttières, et sur leur parcours aux hiloires et aux barrots qu'elles rencontrent. On obtient ainsi une liaison très efficace contre les fouettements latéraux, auxquels sont soumis les bâtiments légers et à grande vitesse par le choc de chaque lame.

Ponts en tôle. — L'importance toujours croissante des liaisons longitudinales, sur des bâtiments dont la longueur augmente chaque jour, conduit souvent à développer les gouttières et les hiloires, de manière à former un pont complet en tôle. Remarquons tout d'abord que la partie centrale du pont, découpée par les panneaux, ne jouera aucun rôle dans la résistance longitudinale, et qu'à moins de nécessités spéciales, telles que la présence d'un blindage, elle n'est qu'un surcroît de poids sans grande utilité, le barrotage liant suffisamment les deux moitiés de la coque. Quelques lattes diagonales réunissant les deux moitiés du bordé en tôle seraient très suffisantes.

Les tôles du bordé de pont sont distribuées par virures longitudinales (*pl.* 72, *fig.* 534), réunies par des couvre-joints longitudinaux et transversaux; les écarts doivent être décroisés. Quelquefois, dans un but d'économie de poids, on fait tomber les abouts dans l'axe des barrots, dont la semelle supérieure forme couvre-joint; cette disposition, inadmissible avec des barrots en fer, qui, comme toutes les pièces corroyées longues, n'offrent qu'une très médiocre résistance transversale, est peu à recommander, même avec des barrots en acier, dont les pannes n'ont généralement pas assez de largeur, pour permettre le rivetage nécessaire. On ne peut y avoir recours que pour un pont en deux ou trois épaisseurs (*pl.* 72, *fig.* 535-536), qui se forment mutuellement couvre-joint.

Il en est de même des ponts dans lesquels les tôles sont placées transversalement, de manière à avoir leurs joints sur les barrots (*pl.* 72, *fig.* 537). On ne peut adopter cette disposition que quand un second plan de tôles est disposé par-dessus, avec ses joints placés dans les intervalles des barrots, et qu'un capitonnage de rivets assure la solidarité des deux plans. Dans ce cas, qui se présente pour des ponts blindés, on économise de nombreux couvre-joints, mais les tôles ne contribuent plus aussi efficacement à la liaison longitudinale, à laquelle quelques dispositions spéciales peuvent faire concourir les plaques de la cuirasse du pont.

Dans les dispositions précédentes, le pont en tôle forme une enveloppe étanche reliée au bordé et fractionnant les capacités intérieures de la coque. Si on n'avait pas d'autre but que de résister aux efforts longitudinaux, on pourrait, comme l'a proposé Sir Nathaniel Barnaby (1), faire une économie sensible, et obtenir une meilleure résistance aux actions dynamiques; il suffirait pour cela (*pl.* 73, *fig.* 538) d'opérer sur l'ensemble du pont, comme nous l'avons indiqué pour les tôles gouttières, des allégements correspondant à la plus faible section inévitable, celle du rivetage sur les barrots, et cela non en découpant des trous, mais en supprimant de distance en distance un morceau de tôle inutile. Le poinçonnage des rivets réduit ordinairement de $\frac{1}{7}$ la section résistante de chaque tôle; on peut donc sans inconvénient, dans l'intervalle des barrots, économiser une tôle sur sept. On y arrive en supprimant les couvre-joints transversaux, et en arrêtant chaque tôle à

(1) Transactions of the *Institution of Naval Architects*, 1866.



peu de distance d'un barrot, de manière que sa liaison par les rivets avec les tôles voisines, entre l'about et le barrot, soit équivalente à sa section au passage du barrot. On obtient ainsi une résistance à peu près uniforme sur l'ensemble du pont, et par suite une augmentation du travail résistant qu'il peut développer. Les avantages considérables, que l'on trouve à rendre le pont étanche, n'ont pas permis que ce système se réalisât.

Bordé en bois. — Les ponts des bâtiments en fer sont recouverts de bordages en bois, disposés comme ceux des bâtiments en bois. Ils sont tenus sur les barrots (*pl.* 72, *fig.* 539) par des vis, placées par-dessous, ou par des boulons enfoncés par-dessus, dont la tête noyée est masquée par un tampon. Ce dernier système est plus coûteux, mais plus solide, et devra être employé, s'il n'y a pas de pont en tôle, pour un au moins des deux points d'attache placés à chaque croisement d'un barrot et d'un bordage; on les dispose en quinconce. La face de contact de l'écrou ou de la vis doit être bombée, pour bien s'appliquer sous la panne supérieure du barrot. Les bordages, qui reposent sur des tôles rivées sur barrots, ont leurs points d'attache sur la tôle, et non sur le barrot déjà affaibli par le rivetage (*pl.* 73, *fig.* 540).

Les abouts des bordages sont placés sur l'axe d'un barrot, auquel on donne plus de largeur en lui rivant un petit morceau de tôle (*pl.* 73, *fig.* 541), qui assure le repos du bordage, et est traversé par ses vis d'attache; il en est de même des abouts des bordages arrêtés aux panneaux. Quelquefois aussi les deux bordages s'assemblent à écart (*pl.* 73, *fig.* 542), et sont traversés par un boulon écrouté sous le barrot.

Bordé des ponts en tôle. — Les ponts en tôle sont toujours glissants et humides. Quand on recherche le confortable plus que la légèreté, on les recouvre toujours d'un bordé en bois, qui a en outre l'avantage de donner de la raideur à la tôle et d'éviter les gondolements; dans ce cas le bordé en bois n'est pas tenu sur les barrots, mais par des vis placées dans les intervalles. Quand on cherche avant tout la légèreté, comme sur des torpilleurs ou des croiseurs à grande vitesse, quand enfin on a un pont blindé et rigide, on supprime quelquefois ce bordé et on le remplace soit par des nattes en sparterie, soit par du linoleum, soit enfin par des tapis en caoutchouc.

Pavois des gaillards. — La continuation de la muraille au-dessus des gaillards s'est faite au début de la construction en fer par des montants en bois (*pl.* 73, *fig.* 543), recouverts de planches embouvetées; ces montants traversaient la tôle gouttière, et venaient se boulonner sur le côté des membres. Cette disposition, qui réduit la force, et supprime l'étanchéité de la tôle gouttière, est absolument abandonnée aujourd'hui. Quand les pavois doivent être exécutés en bois, on peut faire descendre les jambettes entre deux tôles (*pl.* 73, *fig.* 544), reliées à la tôle gouttière par des cornières, ou les assembler à tenon avec une fourrure de gouttière en bois (*pl.* 73, *fig.* 545), consolidée par le prolongement de la tôle de bordé, et surmontée d'un plat-bord en deux parties.

Si on a une fourrure de gouttière tubulaire en tôle, les jambettes peuvent se fixer dans des entourages en cornières, rivés sur sa face supérieure (*pl.* 73, *fig.* 546). Sur quelques bâtiments cuirassés, on a profité, pour encastrer plus solidement les jambettes, de l'épaisseur du matelas; telle est la disposition des pavois de l'Hercules (*pl.* 73, *fig.* 547), qui oblige, en cas de réparation et de modification des pavois, à démonter une plaque de cuirasse.

Les pavois se font plus souvent aujourd'hui en fer qu'en bois; ils sont formés par un prolongement de la tôle du bordé, ou par une virure plus mince (*pl.* 73, *fig.* 548), rivée avec elle, convenablement soutenue par des montants et bordée à sa partie supérieure par une lisse en bois, s'élargissant quelquefois de manière à devenir un véritable plat-bord. Les montants de soutien peuvent être faits en fer rond, et venir appuyer le pavois à mi-hauteur; des montants de formes analogues

peuvent être exécutés en cornières. On fait aussi quelquefois des montants en cornières droites (*pl.* 73, *fig.* 549), formant un talon rivé sur la tôle gouttière; on intercale des montants en bois, et on recouvre le tout d'un vaigrage. Sur les bâtiments à forte mâture, on obtient ainsi des points d'attache multipliés et faciles à changer pour des taquets, pitons de manœuvre, etc. Enfin on emploie fréquemment (*pl.* 73, *fig.* 550) des montants formés d'une tôle pliée en forme de V de hauteur décroissante, dont deux bords longitudinaux rabattus viennent s'appliquer sur le bordé, et dont le pied est tenu sur la tôle gouttière par une collerette en cornière; un évidement réservé en abord permet aux eaux de circuler tout le long de la muraille et de se rendre aux dalots.

Bastingage. — Quand le plat-bord supérieur du pavois est en bois, le bastingage peut s'établir suivant l'usage suivi pour les bâtiments en bois. Souvent on l'exécute en fer (*pl.* 74, *fig.* 551); des tôles longitudinales sont assemblées avec des cornières, et soutenues par des chandeliers en cornières, forgés suivant la section transversale du bastingage; le tout est soutenu par les montants de pavois renforcés et élargis.

Quelquefois ces bastingages conservent l'ouverture en haut; souvent aussi on la place sur le côté (*pl.* 73, *fig.* 549), pour que les hommes, dans diverses manœuvres, puissent circuler sur les bastingages, transformés en une sorte de passerelle longitudinale; l'ouverture, placée à l'intérieur du navire, se ferme par des portes à charnières horizontales, ou simplement par une toile.

Pavois à rabattre. — L'installation de canons sur des tourelles, au centre du bâtiment, exige souvent, pour que le tir négatif soit assuré, un abaissement des pavois incompatible avec les circonstances ordinaires de la navigation, dans lesquelles le pont serait souvent balayé par les lames; on emploie dans ce cas des pavois à rabattre. Ces pavois (*pl.* 74, *fig.* 552), que l'on doit toujours restreindre au strict nécessaire, se composent de panneaux en tôle, garnis de cadres en cornières, et munis de charnières à leur bord inférieur; leur longueur varie suivant la courbure du plat-bord, qui oblige à rejeter en dehors le nœud des charnières, pour que la rotation complète puisse s'effectuer; elle variera de 1 à 2 mètres au maximum, afin qu'ils restent d'un poids maniable.

Outre les charnières, les pavois sont souvent fixés par un taquet formé par un retour des cornières du cadre, claveté sur le plat-bord, ou par une tringle venant se fixer sur un piton. Les pavois sont aussi réunis entre eux soit par des verrous, soit par des boulons à charnières (*pl.* 74, *fig.* 553), et enfin rendus solidaires les uns des autres par une lisse, en bois ou en fer, tenue sur chacun d'eux par des verrous et boulonnée sur les pavois fixes voisins.

Les autres ouvertures pratiquées dans les pavois sont fermées par des mantelets démontables, ou, quand il s'agit de portes de chargement, par des volets à gonds verticaux (*pl.* 74, *fig.* 554) en tôles et cornières, qui se rabattent le long du bord. Des dalots de mer (*pl.* 74, *fig.* 555), larges ouvertures munies d'un volet à charnière horizontale s'ouvrant à l'extérieur, sont disposés de distance en distance, surtout sur les bâtiments ras sur l'eau, pour laisser écouler les paquets de mer.



CHAPITRE XXV.

BORDÉ.

Bordé extérieur. — Le bordé extérieur est constitué par des feuilles de tôle, réunies entre elles de manière à former une enveloppe étanche, et à résister en outre efficacement aux efforts longitudinaux et transversaux, qui tendent à disjoindre la charpente du navire. Ces tôles sont réparties par virures longitudinales, et celles d'une même virure viennent se réunir bout à bout suivant une ligne parallèle aux couples, à l'aide d'une pièce de recouvrement, fixée sur chacune d'elles par un, deux ou trois rangs de rivets.

Bordé à franc-bord. — Les joints longitudinaux s'exécutent de plusieurs manières différentes. On peut les former comme les joints verticaux, en plaçant à l'intérieur des couvre-joints (*pl.* 74, *fig.* 556) à un ou deux rangs de rivets; dans ce cas le bordé est dit à *franc-bord*, et, tous les couvre-joints se plaçant à l'intérieur, on obtient à l'extérieur une surface parfaitement lisse et unie. Mais la présence des couvre-joints longitudinaux oblige à ne pas mettre le bordé en contact avec la membrure, et par suite, pour assurer la tenue du rivetage, qui réunit ces deux parties de la coque, à interposer une série de cales de même épaisseur que les couvre-joints. On a quelquefois, pour diminuer le poids de ces cales, essayé l'emploi de viroles placées au passage des rivets; cet usage n'est pas admis par le Lloyd, qui exige des cales complètes, et il ne s'est pas répandu.

Les couvre-joints longitudinaux sont formés de bandes aussi longues que possible, et, dans les premières constructions auxquelles ce système, rarement usité aujourd'hui, a été appliqué, on poussait la précaution jusqu'à les réunir bout à bout, soit en les soudant, soit en les munissant d'un couvre-joint spécial. Le couvre-joint de l'écart est le plus souvent limité au bord des couvre-joints longitudinaux (*pl.* 74, *fig.* 557); mais alors il y a un point de la couture transversale du bordé, qui n'est pas recouvert intérieurement. Quelquefois on prend la peine de faire remonter le couvre-joint transversal épaulé par-dessus les couvre-joints longitudinaux (*pl.* 75, *fig.* 558).

Quelquefois aussi, quand on recherche la légèreté, on arrête les couvre-joints longitudinaux au droit des membres, et on peut par suite appliquer directement le bordé sur la membrure; il faut pour cela que la membrure soit parfaitement réglée, puisqu'on n'a plus la ressource de cales d'épaisseurs variées, pour corriger ce que la surface peut avoir de défectueux.

Outre l'avantage d'une surface parfaitement lisse, le système des joints à franc-bord a le mérite de ne pas faire travailler les rivets par cisaillement, quand les tôles ont à résister à des efforts tangentiels, à condition toutefois que les cans soient soigneusement ajustés; les rivets, dans

ce cas, ne servent qu'à les maintenir en contact et à les empêcher de glisser dans le sens longitudinal. Ce genre d'assemblage paraît donc convenable pour la partie verticale des murailles.

Des motifs particuliers peuvent conduire à placer les couvre-joints à l'extérieur ; c'est ce qu'on a fait sur l'Inconstant, croiseur anglais, et, en augmentant leur épaisseur, on a pu y prendre les points d'attache nécessaires à un bordé en bois.

Sur les cuirassés, le bordé sous cuirasse, qui à l'origine avait des couvre-joints extérieurs, est formé aujourd'hui de deux plans de tôles, dont les joints sont décroisés. Les virures du matelas viennent d'ailleurs ajouter leur résistance à celle du bordé.

Tous les joints à franc-bord ont l'inconvénient d'exiger deux rivets pour obtenir la section résistante de l'un d'eux. Aussi trouve-t-on plus de simplicité et d'économie à rattacher les tôles directement les unes aux autres.

Clin simple. — On peut employer pour cela le système des *clins simples* (*pl.* 75, *fig.* 559), dans lequel chaque virure vient recouvrir celle qui la suit de la quantité nécessaire au rivetage simple ou double; on réduit ainsi de moitié le nombre de rivets et le travail de rivetage. Les cans des tôles n'étant plus en contact, les rivets supporteront un effort de cisaillement, que le système précédent ne leur imposait pas; le clin simple conviendra donc aux parties qui ne subissent que des efforts de tension longitudinale, c'est-à-dire aux fonds et aux cloisons transversales; partout ailleurs, l'économie résultant de son emploi ne compensera pas son infériorité de résistance.

Un autre inconvénient de ce système est l'obligation de remplir le vide, qui reste entre chaque tôle et la membrure, par une cale d'épaisseur décroissante, que sa forme triangulaire oblige à travailler avec soin à la forge, et qui par suite est assez coûteuse. En revanche, les cans des tôles, ne devant pas s'appliquer l'un contre l'autre, n'ont pas besoin d'être taillés avec autant de précision que dans le bordé à franc-bord.

Dans ce cas encore, les couvre-joints des abouts (*pl.* 75, *fig.* 560), sont placés à l'intérieur ; mais ils n'ont que la hauteur de la tôle diminuée de son recouvrement inférieur, dont la jonction est formée par la tôle voisine.

Double clin. — Enfin un dernier système, presque universellement adopté aujourd'hui, offre les avantages du système précédent, sans avoir l'inconvénient des cales triangulaires. Ce système, appelé *double clin* (*pl.* 75, *fig.* 561), consiste à ne fixer directement sur la membrure qu'une virure sur deux ; ces virures, dites *de placage*, sont recouvertes par les virures intermédiaires, de la largeur nécessaire au rivetage. Ces dernières, dites *de recouvrement*, sont séparées de la membrure par des cales, d'épaisseur égale à celles des virures de placage. Les couvre-joints des écarts des virures de placage occupent toute la hauteur de la tôle; ceux des virures de recouvrement ont en moins la hauteur des recouvrements longitudinaux.

Aboutissements. Pointes. — Aux extrémités, les virures doivent toutes venir rencontrer, sans interposition de cales, les surfaces continues de l'étrave et de l'étambot. Pour ramener toutes les tôles dans le même plan, on amincit leurs bords, de manière qu'elles s'encastrent les unes dans les autres, et arrivent à former une surface unie. Souvent aussi on les dispose à franc-bord sur une faible longueur et on les réunit par un couvre-joint intérieur, qui va jusqu'à l'étrave ou à l'étambot.

Cette difficulté ne se présente pas sur les bâtiments cuirassés ; le plus souvent, sur 10 à 15 mètres à l'avant et à l'arrière (*pl.* 75, *fig.* 562), les virures des deux plans s'élargissent, jusqu'à venir se toucher par les bords, et forment deux épaisseurs complètes, de manière à renforcer le bâtiment aux points où les chocs de l'éperon et les trépidations de l'hélice sont le plus à craindre.

Dans quelques bâtiments, on s'est astreint à continuer toutes les virures jusqu'aux extrémités,

et, par suite, à les diminuer graduellement de largeur. Le plus souvent on se contente de maintenir parallèles, ou à peu près, les joints des œuvres mortes; dans les fonds, on arrête certaines virures à quelque distance des extrémités (*pl.* 75, *fig.* 563), de manière à réduire graduellement le développement du bordé, suivant la diminution du contour des couples, tout en conservant des largeurs à peu près constantes. Quelques dispositions spéciales doivent être adoptées pour l'aboutissement de ces virures.

Si la virure supprimée est une virure de placage *s* (*pl.* 76, *fig.* 564), on diminue graduellement son can inférieur, en y faisant une sorte de râblure qui reçoit la virure voisine *t*; celle-ci à partir de la ligne *ab* passe dans le plan des virures de placage, et vient se faire recouvrir à partir de *mn* par la virure supérieure *r*. Un couvre-joint placé à l'intérieur complète l'assemblage suivant la ligne brisée *abmn*, et assure l'étanchéité.

Une disposition analogue (*pl.* 76, *fig.* 565) peut être adoptée pour arrêter une virure de recouvrement; le can supérieur de la virure inférieure *t*, rejeté graduellement en dedans, s'engage jusqu'en *ab* dans une râblure pratiquée sur le can de la pointe *s*. De *ab* à *mn* elle s'assemble à plat joint avec elle, puis passe sous la virure supérieure *r*. Un couvre-joint intérieur complète l'assemblage.

La largeur des virures est tantôt uniforme, tantôt plus grande pour celles de placage, de la largeur des recouvrements, afin d'espacer régulièrement les lignes de joint. Ces dispositions n'ont pas d'importance au point de vue de la dépense de main-d'œuvre; mais, les écarts étant les points faibles du bordé, il semble rationnel de rendre la réduction de résistance qu'ils causent aussi uniforme que possible; on n'admettra pas par suite la seconde disposition, dans laquelle une section transversale renfermant un écart de placage est plus faible que celle qui renferme un écart de recouvrement.

Distribution des écarts. — La longueur que l'on peut donner aux tôles, la résistance plus ou moins grande à assurer à la coque influent sur la distribution des écarts, qui doit être étudiée au début de la construction. Le plus souvent les écarts de chaque virure, pour plus de simplicité dans les commandes, sont placés symétriquement de chaque bord; il n'y a guère d'exception que pour les virures de galbords, qui contribuent à la résistance en un même point de la coque, et qui ne doivent pas être affaiblies aux mêmes endroits. Enfin dans les hauts, il faut éviter que les joints de la virure de préceinte ne tombent dans les mêmes mailles que ceux des tôles et cornières, qui forment les fourrures de gouttière.

Il importe de ne placer dans une même maille que le plus petit nombre possible d'écarts, et de s'arranger en outre de manière que les écarts de chaque maille soient séparés les uns des autres par une ou plusieurs tôles non interrompues. La seule prescription imposée par le Lloyd est que les écarts de deux virures contiguës soient toujours distants de deux intervalles de membres au moins. En se bornant à observer cette indication, on obtient la disposition de la figure 566 (*pl.* 76), connue en Angleterre sous le nom de *brick arrangement*. Chaque écart est séparé du suivant par une virure, et toutes les tôles ont une longueur de quatre écartements de couples, ce qui donne sur les grands bâtiments, où cet écartement est de $0^m,61$, $2^m,44$ environ. Tous les écarts d'une même maille se trouvent tantôt sur les virures de placage, tantôt sur celles de recouvrement.

On préfère généralement l'*arrangement diagonal* (*pl.* 76, *fig.* 567), dans lequel, tout en plaçant les écarts de deux virures consécutives suivant la règle du Lloyd, on conserve deux virures intactes, ce qui porte la longueur de chaque tôle à $3^m,66$ environ. Les écarts situés dans la même maille appartiennent alternativement aux virures de placage et à celles de recouvrement.

On peut encore, avec la disposition de la figure 568 (*pl.* 76), conserver quatre virures intactes entre deux écarts, tout en respectant la règle du Lloyd ; on donne comme longueur aux tôles cinq écartements de membres, soit 3 mètres environ.

La disposition indiquée (*pl.* 76, *fig.* 569), quoique en désaccord avec les règles du Lloyd, peut être employée, quand l'espacement des membres est considérable, et que deux écarts placés dans des mailles consécutives sont suffisamment éloignés.

Il ne paraît pas y avoir d'avantage sérieux, au point de vue de la résistance, à avoir plus de deux virures intactes entre deux écarts; mais il est convenable, pour économiser de la main-d'œuvre et du poids, de réduire le nombre des écarts transversaux, en augmentant, dans la mesure du possible, la longueur des tôles.

Les couvre-joints des écarts à deux rangs de rivets doivent toujours être taillés à pan coupé (*pl.* 76, *fig.* 570), pour supprimer la portion qui serait sans utilité pour la solidité du joint.

Dimensions des tôles. — On ne peut pas donner de prescriptions générales pour les épaisseurs des tôles; celles que fournissent les règles du Lloyd sont fortes, et peuvent être sensiblement réduites, quand les matériaux sont de bonne qualité. Les épaisseurs des galbords, des tôles de fond jusqu'au bouchain (bout de la varangue), et de la préceinte sont supérieures de 2 millimètres environ à celles du reste du bordé. Une diminution de 2 à 3 millimètres doit être répartie graduellement du milieu aux extrémités.

L'étude de la distribution des tôles se fait généralement sur un petit modèle en bois, et, pour la faciliter, une fois les lignes de joint tracées à la latte, on fait le développement de la surface, soit en élevant à une ligne d'eau moyenne des perpendiculaires, sur lesquelles on porte des longueurs égales aux développements des divers couples, soit en appliquant sur des portions de la surface du modèle des feuilles de papier calque, sur lesquelles on reporte les indications tracées sur sa surface, et qui donnent un développement approximatif; il conviendra, dans les cas ordinaires, de rester au-dessous d'une largeur de $1^m,20$, et de donner comme longueur 4 ou 5 fois la largeur. Cette proportion ne doit pas être dépassée, si l'on veut que, dans une fabrication courante, la résistance en travers ne soit pas trop inférieure à la résistance en long.

On doit avoir soin, dans la commande des tôles, de se réserver un léger excédant de matière, 15 millimètres au moins sur la largeur, et 25 à 30 millimètres sur la longueur; les tôles des extrémités, souvent façonnées, et sur lesquelles peut se reporter le déficit de longueur des tôles intermédiaires, doivent être commandées de 15 centimètres plus longues.

Dans la distribution et la commande des tôles, on doit avoir égard à leur surface. Les marchés de la marine subdivisent les tôles, suivant leur épaisseur et leur surface, en plusieurs catégories; le prix de chacune d'elles est déduit du prix de base, soumissionné pour la première, en y ajoutant des primes graduées; on ne doit donc jamais oublier de s'assurer si une tôle ne peut pas, sans inconvénient pour la construction, être classée dans une catégorie plus basse et par suite moins chère, en lui faisant subir une légère diminution. Le tableau suivant donne l'une des classifications usitées :

TABLEAU



TOLES DE FER DIVERSES.

MARCHÉ DU 26 AVRIL 1883. — CHERBOURG.

ÉPAISSEUR en MILLIMÈTRES.	LONGUEUR MAXIMA.	LARGEUR MAXIMA.	SURFACE MAXIMA.			
			1re CATÉGORIE.	2e CATÉGORIE.	3e CATÉGORIE.	4e CATÉGORIE.
	m	m	m²	m²	m²	m²
1	3	1,10	1,50	2,00	2,50	3,00
2	4	1,30	2,00	2,50	3,00	3,50
3	5	1,50	2,50	3,25	4,00	4,75
4	7	1,70	3,25	4,00	4,75	5,50
5	8	1,80	4,00	4,50	5,00	5,75
6	9	1,90	4,50	5,00	5,50	6,00
7	10	2,00	5,00	5,50	6,00	6,50
8	10	2,00	5,00	6,00	6,50	7,00
9	10	2,00	4,75	6.00	7,00	7,50
10	10	2,00	4,50	5,50	7,00	8,00
11	10	2,00	4,25	5,25	6,50	8,00
12	10	2,00	4,00	5,00	6,00	7,50
13	10	2,00	3,75	4,75	5,75	7,00
14	10	2,00	3,50	4,50	5,50	6,50
15	10	2,00	3,25	4,25	5,25	6,25
16	10	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00
17	10	2,00	2,75	3,75	4,75	5,75
18	9	1,90	2,50	3,50	4,50	5,50
19	8	1,80	2,25	3,25	4,25	5,25
20	7	1,70	2,00	3,00	4,00	5,00

Ajustage des cans. — Les cans doivent être ajustés avec soin, surtout dans le bordé à franc-bord. Dans les constructions médiocrement soignées, les cans, coupés à la cisaille, sont parés au marteau, et on doit surtout abattre les bavures du côté où les tôles doivent s'appliquer l'une sur l'autre. Quand on veut un travail bien exécuté, et même dans le cas d'un bordé à clin, on rabote les cans supérieurs et inférieurs. L'application des tôles doit être exacte, pour que le rivetage et le matage puissent se faire dans de bonnes conditions. La jonction est faite, pour les joints horizontaux, par un rang de rivets pour les petits bâtiments, par deux pour les bâtiments admis à la cote du Lloyd, dès que le bordé des fonds atteint 11 millimètres.

Recouvrements. — Les recouvrements sont, d'après les règles de cette société, de 3 diamètres et demi pour un rang, et de 6 diamètres pour deux rangs de rivets. On peut distribuer ceux-ci soit en quinconce (*pl.* 76, *fig.* 571), soit en chaîne (*pl.* 76, *fig.* 572) ; cette dernière disposition, seule admise par le Lloyd, est plus généralement adoptée en Angleterre; on évite ainsi l'espacement irrégulier de l'une des rangées, occasionné par la nécessité de faire traverser la membrure par l'un des rivets, et de rejeter les autres assez loin pour que leurs têtes ne viennent pas porter sur le membre. Dans la disposition en quinconce, l'un des rivets est placé à cheval sur l'écart, et, par suite, ne contribue pas à la liaison des deux virures ; en revanche, il arrête l'eau qui pourrait arriver par le bout de l'écart, et passer entre le couvre-joint et la tôle de placage voisine.

Le Bureau Veritas impose les largeurs de recouvrement suivantes : rivetage simple, 3 dia-

mètres et demi ; double en quinconce, 5 diamètres et demi ; double en chaîne, 6 diamètres environ.

Les arsenaux français rivent généralement en quinconce, et les recouvrements sont calculés de manière qu'il y ait une largeur de tôle égale au diamètre du rivet entre deux lignes consécutives, et une bande d'un diamètre augmenté de 5 millimètres sur chaque rive. La largeur du recouvrement est donc de :

3 diamètres	plus	10 millimètres	pour	1	rang de rivets
5	—	—	—	2	rangs de rivets
7	—	—	—	3	—

Écarts et couvre-joints. — Les écarts sont presque toujours munis d'un rivetage à deux rangs de rivets, quelquefois même à trois rangs. La largeur du couvre-joint dépend du diamètre et du nombre de rangées de rivets ; elle est dans nos arsenaux de :

6 diamètres	plus	20 millimètres	pour	1	rang de rivets
10	—	—	—	2	rangs de rivets
14	—	—	—	3	—

L'épaisseur du couvre-joint est en général celle des tôles qu'il doit réunir ; quelquefois elle est plus forte, et il importe que sa résistance ne soit pas inférieure à la leur. Aussi ne doit-on jamais admettre la pratique suivie dans certains chantiers du commerce de prendre pour couvre-joints des fers dits *larges plats*, c'est-à-dire des tôles étroites, laminées à dimensions précises et à grande longueur, au laminoir universel. Ces couvre-joints ne sont susceptibles que d'une faible résistance en travers, dans le sens où ils doivent travailler ; encore ne peut-on, le plus souvent, la mesurer qu'en s'écartant des prescriptions réglementaires, leur largeur ne permettant pas la découpe de barreaux d'essai de $0^{m},20$. Il importe au contraire, comme le prescrivent les marchés actuels de la marine et comme l'exige le Lloyd, de prendre les couvre-joints dans des tôles, et de ne les découper que transversalement, de manière que la grande dimension au laminoir, qui possède généralement la plus forte résistance, soit dirigée comme celle des tôles du bordé.

Renforts du bordé. — La virure de préceinte est généralement une virure de recouvrement ; on se réserve de cette manière la possibilité, si le navire vient à donner des signes de fatigue, de le renforcer efficacement en plaçant une tôle supplémentaire à l'intérieur de cette virure, sans modifier la forme extérieure. Cette superposition des deux tôles ne doit pas d'ailleurs empêcher qu'on ne munisse chacun de leurs écarts d'un couvre-joint placé à l'intérieur, sans quoi, à chaque écart, on n'aurait que la résistance d'une tôle ; si on ne le faisait pas, la tôle ajoutée jouerait vis-à-vis de la première le rôle d'un couvre-joint fort lourd, sans bénéfice pour la solidité. Ce n'est que dans les bordés sous cuirasse, où la résistance à la traction est surabondante, et où on n'a en vue que la résistance aux chocs normaux et l'attache du blindage, que l'on peut admettre un double bordé sans couvre-joint. Souvent d'ailleurs, dès le début, on prolonge les couvre-joints de la virure de préceinte (*pl.* 77, *fig.* 573), de manière qu'ils forment cales sous les deux membres voisins.

Une disposition analogue peut aussi être adoptée, pour diminuer la réduction de résistance du bordé, causée par le rivetage sur les cornières des cloisons étanches. Ce rivetage réduit de $\frac{2}{9}$ environ la section résistante du bordé ; on peut compenser dans une certaine mesure cette réduction, en élargissant les cales placées entre les membres et les virures de recouvrement, et en les réunissant à ces dernières par quelques rangs de rivets en nombre décroissant ; l'augmentation de poids qui résulte de cette disposition est peu considérable.

On a vu plus haut que, sur les cuirassés, le bordé est doublé sur une certaine longueur à

l'avant et à l'arrière. Il en est de même tout le long de la quille plate, dernière virure du bordé, qui est doublée par une contre-quille venant rejoindre le galbord ; tous les écarts de la quille et de la contre-quille doivent être garnis de couvre-joints placés en maille. On munit également quelquefois d'une contre-quille en tôle les bâtiments qui ont une quille massive ; les galbords, placés en recouvrement, se rivent avec elle.

Vaigrage. — La membrure des bâtiments en fer est souvent recouverte intérieurement d'un vaigrage à claire-voie ou plein. Dans ce dernier cas, il doit être disposé de manière à se démonter rapidement, et à permettre facilement la visite et l'entretien de l'intérieur de la coque, si essentiels à sa bonne conservation. Le vaigrage n'est nullement une liaison ; il n'a d'autre but que de protéger le bordé contre le choc des objets lourds placés dans les cales, et, dans les lieux habités, d'éviter le dépôt sur les murailles d'une humidité malsaine.

Les vaigrages pleins en bois (*pl.* 77, *fig.* 574) sont tenus par des vis sur des cabrions en sap, placés entre le bordé et la panne intérieure de la cornière renversée. Ces cabrions sont fixés tantôt par des boulons sur le côté des membres, tantôt par des arcs-boutants en bois, les appuyant contre le membre voisin.

Les vaigrages fixes en tôle ne sont employés que sur des bâtiments où la membrure a assez de hauteur, pour qu'on puisse circuler en maille, et y faire la peinture et le nettoyage ; ils sont alors rivés sur les cornières renversées.

Le plus souvent les cales des bâtiments de commerce sont garnies d'un vaigrage à claire-voie en bois (*pl.* 77, *fig.* 575), tenu sur les cornières renversées par des boulons. Quand le vaigrage est en fer (*pl.* 77, *fig.* 576), il se compose de barres en fer méplat, rivées sur les cornières renversées. Le vaigrage est d'ailleurs toujours interrompu à chaque cloison.

CHAPITRE XXVI.

CLOISONS ÉTANCHES.

Avantages et inconvénients des cloisons étanches. — L'infériorité de la résistance de la tôle à un effort local et perpendiculaire à son plan a, dès le début de la construction en fer, fait redouter, peut-être plus que de raison, les conséquences des chocs, auxquels les abordages, les échouages, le canon et aujourd'hui la torpille exposent la coque des navires. Aussi les efforts des constructeurs se sont-ils sans cesse dirigés vers la recherche des moyens d'atténuer ces effets, en les localisant et en empêchant qu'une brèche ouverte en un point de la coque ne permît l'irruption de l'eau dans toutes ses parties; l'emploi de cloisons étanches, plus tard celui des doubles fonds, a été la solution de ce problème. Ajoutons que les cloisons étanches n'ont pas ce seul avantage : en cas d'incendie, elles jouent un rôle protecteur très sérieux, en isolant le foyer, et empêchant le mal de se propager ; enfin, en établissant de distance en distance en travers du navire un plan rigide, on s'oppose très efficacement aux déformations dues au roulis, on maintient invariable l'angle des barrots et de la muraille, on accroît en ces points la résistance des ponts. Les cloisons longitudinales, nécessitées par les emménagements, rendues étanches et convenablement raidies, rendent des services du même genre.

Ce n'est pas cependant que les cloisons étanches ne présentent quelques inconvénients. Le fractionnement des espaces intérieurs du navire, qui n'est efficace que si, dans les fonds au moins, il n'y a pas de communication d'un compartiment à l'autre, est une gêne considérable pour tous les mouvements de matériel ; il devient un inconvénient majeur, quand il sépare en plusieurs groupes isolés les machines, les chaudières, dont la manœuvre exige le commandement et la surveillance d'un seul chef. La circulation de l'air de l'avant à l'arrière est supprimée en grande partie, et dans les navires où les cloisons montent jusqu'aux gaillards ou jusqu'à un pont blindé, une ventilation artificielle est indispensable pour fournir de l'air, non seulement aux chaudières, mais encore aux poumons de l'équipage ; une ventilation particulière devient nécessaire pour chaque compartiment. Tout compte fait, les avantages dépassent de beaucoup les inconvénients.

Il ne faudrait pas cependant exagérer les avantages obtenus ; l'introduction de l'eau dans un ou plusieurs compartiments du navire peut altérer profondément son assiette, le mettre hors d'état de se servir de son artillerie, faire sortir de l'eau le can inférieur de la cuirasse, exposer le gouvernail et le rendre inefficace, faire plonger l'avant, jusqu'à permettre à l'eau de pénétrer par les brèches que le combat ouvrira certainement dans l'œuvre morte ; même avec un cloisonnement bien fait, un navire atteint dans ses fonds sera presque toujours obligé d'abandonner le combat, s'il peut y parvenir.

Distribution des cloisons étanches. — L'emplacement des cloisons étanches varie suivant la destination des navires. On place toujours à peu de distance de l'avant une cloison dite *de collision*, destinée à limiter l'irruption de l'eau à la suite d'un abordage, qui, presque toujours, disjoint l'étrave et les tôles de l'avant de l'abordeur. Une cloison est également placée à l'arrière, et prolonge la varangue surélevée du presse-étoupes. Dans la partie centrale, une cloison est placée à l'avant des chaudières, une autre à l'arrière des machines ; un tunnel étanche en tôle permet de traverser cette dernière, et d'aller directement au presse-étoupes. Sur les navires de grande dimension, une cloison est placée entre les machines et les chaudières ; celles-ci sont à leur tour séparées quelquefois en deux compartiments; enfin, les cloisons, qui limitent longitudinalement les soutes à charbon, peuvent avantageusement être rendues étanches.

Des dispositions de ce genre sont représentées sur la figure 577 (*pl.* 77), qui indique le cloisonnement du Tourville. A l'avant des chaudières se trouvent, outre la cloison de collision, quatre autres cloisons formant divers compartiments, qui reçoivent les vivres et les munitions. Trois cloisons limitent les deux groupes de chaudières, une autre est placée à l'arrière de la machine, une au presse-étoupes de l'arbre, une enfin entre ces deux dernières : soit en tout onze cloisons transversales ; les cloisons des soutes à charbon complètent la division. Il est bon que les compartiments extrêmes soient tenus toujours vides et accessibles, dans toutes leurs parties, par un trou d'homme, que l'on n'a nulle raison, ces compartiments ne renfermant aucun objet d'usage courant, de ne pas tenir constamment fermé. Il est également nécessaire que les cloisons étanches montent aussi haut que possible, plus haut tout au moins que le point qu'atteindra la flottaison, dans l'hypothèse de l'immersion ou du changement d'assiette le plus défavorable, qu'entraine l'irruption de l'eau dans un ou deux des compartiments les plus vastes.

Sur les cuirassés, le cloisonnement est encore multiplié par l'installation d'un double fond cellulaire, que nous décrirons plus loin. En outre, quand le bâtiment a deux machines, on peut établir une cloison longitudinale centrale, et par suite les machines sont divisées en deux et les chaudières en quatre groupes distincts, disposition peu favorable à leur fonctionnement régulier. La figure 578 (*pl.* 77) donne une idée du cloisonnement du Tonnerre, formé par huit cloisons transversales, et deux longitudinales, non compris le double fond. Sur des bâtiments de plus grande dimension, on arrive souvent à avoir dix cloisons transversales, rencontrées par les trois cloisons longitudinales, que nous venons d'indiquer, et par quelques autres, qui limitent les principaux compartiments de la cale.

Les compartiments ainsi obtenus sont encore subdivisés dans le sens de la hauteur par des ponts en tôle étanches ; on en établit généralement dans les compartiments de l'avant et de l'arrière, où l'aboutissement des liaisons longitudinales forme des sortes de guirlandes, qu'il suffit de développer, pour obtenir un pont complet. Il est d'autant plus nécessaire de subdiviser ces compartiments, que le double fond ne s'y continue pas.

Dans les paquebots, le cloisonnement, quoique aussi indispensable à la sécurité, offre un assez grand obstacle à l'établissement de vastes cales de chargement ; il est également difficile de faire monter les cloisons dans les entreponts habités par les passagers, sans les percer de nombreuses ouvertures, ou apporter une grande gêne à la circulation ; aussi arrive-t-il souvent, même sur des bâtiments récemment construits, qu'elles sont en nombre trop faible, et arrêtées à des ponts situés trop bas, pour être d'un grand secours en cas d'accident.

Il est d'ailleurs à remarquer qu'une cloison trop basse ou insuffisamment étanche est plus nuisible qu'utile. Sans empêcher le navire de se remplir peu à peu, elle le met, par la charge d'eau qu'elle empêche de se répandre dans les fonds, dans une position de bande ou de différence exagérée,

qui facilite l'introduction de nouvelles quantités d'eau. Elle empêche d'ailleurs l'eau d'arriver au pied des appareils principaux d'épuisement, quand un tuyautage spécial, compliqué et coûteux, n'a pas été établi dans ce but.

Disposition des tôles. — La disposition des tôles est généralement analogue à celle du bordé extérieur. Elles sont placées par virures horizontales ou verticales avec couvre-joints, et les virures sont tantôt à clin simple, tantôt à double clin. Pour avoir de la résistance au gondolement, la cloison est garnie sur l'une de ses faces de fers profilés, cornières ou T, espacés de $0^m,75$ à 1 mètre. Quand les virures sont disposées à clin, il faut épauler ces fers à chaque tôle, ou les munir de cales triangulaires ; aussi trouve-t-on généralement plus commode l'assemblage à double clin. Dans le sens horizontal, les cloisons doivent être rendues rigides de la même manière ; on profite des cornières qui servent d'aboutissement aux ponts, et, à mi-hauteur de chaque entrepont, on place une cornière intermédiaire. Il est clair que l'entretoisement des deux murailles ne peut avoir d'efficacité que si la cloison est raide, et qu'il pourrait se faire que l'effort dû à l'arc donnât aux murailles une tendance à la rentrée, encore accentuée au roulis. Les figures 579, 580 (*pl.* 78) indiquent les dispositions des tôles et des membrures des cloisons étanches.

Dans les navires cuirassés construits depuis quelques années, on a préféré employer des tôles de grande longueur, placées verticalement (*pl.* 79, *fig.* 581) ; la hauteur totale de la cloison comporte une et quelquefois deux longueurs de tôle, et on a soin de décroiser les écarts des virures consécutives. Les tôles sont placées toutes dans le même plan, et leur jonction est faite par des barres à T placées d'un côté, et quelquefois un couvre-joint placé de l'autre. L'emploi du T seul n'est admissible que s'il est en acier, et assez large pour recevoir deux rangs de rivets de chaque côté. Les barres horizontales peuvent être diminuées en nombre, ou même totalement supprimées, à cause des ponts et des cloisons longitudinales, qui viennent empêcher le gondolement ; il résulte de ces dispositions un allégement sensible.

A leur bord supérieur, les cloisons portent deux cornières cintrées suivant le bouge du pont auquel elles s'arrêtent, et faisant l'office de barrot ; aux ponts intermédiaires (*pl.* 78, *fig.* 582), les cornières horizontales sont cintrées de même, rivées à la tôle de pont, ou garnies d'une bande de tôle, pour offrir un repos suffisant aux abouts du bordé en bois.

Attache des cloisons. — L'attache de la cloison au bordé extérieur doit être faite avec des rivets assez nombreux pour qu'il y ait étanchéité réelle, pas assez pour créer dans le bordé une ligne de faiblesse. En n'employant qu'une seule cornière d'attache (*pl.* 78, *fig.* 583), on arrivera à ce dernier résultat ; il vaut mieux mettre deux cornières adossées (*pl.* 78, *fig.* 584), comprenant entre leurs pinces planes la cloison, ou mieux encore se servir d'une cornière à branches inégales (*pl.* 77, *fig.* 585-586), dont la plus large, placée contre le bordé, sera rivée en quinconce avec lui.

On remarquera que l'emploi de virures à clin double ou simple nécessite l'emploi de cales entre ces cornières et la cloison, ou l'épaulement des cornières à chaque tôle, et que l'on évite cet inconvénient et cette dépense par la disposition de tôles assemblées à franc-bord.

Sur le Tourville (*pl.* 79, *fig.* 587), la cornière renversée du couple, qui est la plus forte des deux, a dans le plan transversal une pince assez large pour recevoir et les rivets de la cornière droite, et ceux qui la lient avec les tôles de la cloison qui vient s'appliquer sur elle.

L'attache des cloisons sur une seule membrure localise les efforts sur une portion restreinte du bordé, au détriment de sa conservation. On obvie en partie à la réduction de section du bordé, en plaçant sous toutes les virures de recouvrement des cales, prolongées jusqu'aux deux membres

voisins. On reporte également quelquefois jusqu'à ces membrures l'effort de la cloison, au moyen de taquets en tôle et cornières (*pl.* 77, *fig.* 585-586), qui viennent se river au bordé dans les mailles voisines, et qui sont placés alternativement de part et d'autre de la cloison. D'ailleurs le bordé des ponts, les carlingues et autres liaisons longitudinales, solidement reliés aux cloisons, servent à distribuer ces efforts sur une longueur notable de la coque, et permettent souvent de se passer des taquets, indispensables cependant quand la cloison est abandonnée à elle-même sur une grande hauteur; on les place au milieu des virures du bordé extérieur, auxquelles ils s'attachent. Sur les navires à vaigrage intérieur en tôle, ou à double coque (*pl.* 79, *fig.* 581, coupe GH), les cloisons étanches sont le plus souvent reliées au vaigrage par une ou deux cornières; quelquefois aussi l'âme de la membrure dépasse le vaigrage et reçoit l'aboutissement de la cloison (*pl.* 79, *fig.* 588); dans ce cas, le vaigrage interrompu vient se river sur une double cornière intérieure de la membrure.

Les cloisons étanches longitudinales sont construites par des procédés analogues; leurs montants doivent être disposés au droit des barrots, pour économiser les épontilles. Le pied de ces cloisons peut être étanche, et venir tomber sur une carlingue intercostale étanche (*pl.* 79, *fig.* 589); si on ne peut adopter cette disposition, on arrêtera les tôles de la cloison un peu plus haut, et un fond horizontal de peu d'étendue viendra les relier à la carlingue voisine (*pl.* 79, *fig.* 590); les montants sont continués jusqu'à la membrure, et des bouts de cornières soutiennent la partie horizontale. L'effort de poussée du charbon oblige à maintenir la cloison par des tirants horizontaux, qui relient les montants aux cornières des membrures; de plus, dans le fond, on dispose souvent quelques taquets en tôle et cornières, qui jouent le même rôle.

Passage des liaisons. — L'étanchéité des cloisons étanches, qui n'est obtenue que par des soins multipliés, ne doit pas être compromise par le passage de liaisons longitudinales ou transversales ,qu'il n'est cependant pas possible d'interrompre à chaque cloison, sans leur faire perdre une grande partie de leur efficacité. On obvie à cette difficulté en façonnant des cadres en cornières, dont un côté reste plat, et s'applique sur la cloison, et dont l'autre est contourné, épaulé, de manière à épouser toutes les sinuosités du contour transversal de la pièce de liaison.

Les figures 591 à 594 (*pl.* 80) donnent une idée des dispositions à adopter dans chaque cas, de manière à pouvoir mater tout le pourtour de contact de la collerette avec la cloison, et avec les pièces qu'elle embrasse. Quand les liaisons longitudinales se composent de plusieurs pièces rivées, l'eau pourrait filtrer le long de leur face de jonction, si on n'avait soin de les placer très exactement en contact, et d'interposer entre elles une couche de peinture épaisse; leurs joints, sans cela, doivent être matés sur toute la longueur du navire. Quand on a affaire à une carlingue creuse, on ne doit pas oublier de placer une fermeture étanche à l'intérieur.

Le passage des barrots dans les cloisons longitudinales doit être rendu étanche par des procédés analogues; les figures 595 à 597 (*pl.* 80) indiquent les principales dispositions usitées. Les cadres façonnés se répétant un grand nombre de fois, on trouvera souvent économique, au lieu de forger des cornières, de façonner à la matrice des morceaux de tôle d'acier, de manière à obtenir des pièces (*pl.* 80, *fig.* 598) dont le contour épouse la forme des barrots; on coupe ensuite ces pièces par le milieu, et on les applique contre la cloison (*pl.* 80, *fig.* 599), de manière à combler le vide qu'elle laisse autour des barrots.

Portes des cloisons. — Les communications entre les divers compartiments nécessitent des ouvertures, que l'on doit pouvoir fermer au moment du besoin par des portes étanches. Le nombre de ces portes devra être limité autant que possible, et surtout il ne devra en être établi

au-dessous du faux-pont, qu'en cas de nécessité absolue. On peut être presque certain que les portes des cales ne seront jamais fermées en temps utile, et, toutes les fois que deux compartiments communiquent par le bas, ils peuvent être considérés, au point de vue de l'irruption de l'eau, comme n'en formant qu'un. Toutes les manœuvres des portes de la cale doivent pouvoir se faire d'un entrepont supérieur, du pont de la batterie par exemple, et ne pas être entravées par une voie d'eau.

La disposition des portes varie suivant l'emplacement dont on dispose ; tantôt elles glissent dans le même plan soit horizontalement, soit verticalement, tantôt elles pivotent autour d'un axe horizontal ou vertical.

Les portes de la cale sont généralement du premier système ; quand elles coulissent horizontalement (*pl.* 80, *fig.* 600), elles sont actionnées par une crémaillère et un pignon claveté sur un arbre, que l'on peut faire tourner de la batterie ; la porte en tôle glisse dans un cadre en bronze, fixé à la cloison, dont les rainures en plan incliné sont disposées de manière à l'appuyer, lorsqu'elle est dans la position de fermeture.

Quand on n'a pas horizontalement la course nécessaire, on fait coulisser la porte verticalement (*pl.* 80, *fig.* 601), et quelquefois on la fractionne en deux panneaux indépendants, d'une manœuvre plus facile. Le mouvement d'ascension est souvent donné au moyen d'une vis, continuée par un arbre montant jusqu'à la batterie ; l'écrou est porté par le dos de la porte, qui coulisse dans un cadre en bronze ; les feuillures, de largeur décroissante, lui permettent de faire un joint exact.

Cette commande de la porte ne permet pas de la fermer instantanément ; on préfère souvent la faire monter au moyen d'un palan différentiel (*pl.* 81, *fig.* 602), dont la manœuvre n'exige que peu de force, et, une fois qu'elle est relevée, on la fixe au moyen d'un petit mouilleur, analogue à celui des ancres ; deux pitons fixés à la porte sont saisis par deux doigts portés sur un axe horizontal, qu'un bras fixé à la cloison ne permet pas de tourner. Au moment convenable, il suffit d'abandonner le bras à lui-même, pour que la porte retombe, en se coinçant fortement dans son cadre ; cette disposition a été adoptée à bord du Tourville.

Quand on n'a ni horizontalement, ni verticalement, la place nécessaire pour faire glisser la porte, on peut quelquefois se tirer d'affaire (*pl.* 81, *fig.* 603), en la faisant pivoter autour de son bord supérieur (Victorieuse), et en la plaçant horizontalement sous barrots ; mais il faut beaucoup d'espace en avant de la cloison. La porte, pour le service ordinaire, est relevée autour de sa charnière horizontale, et appliquée contre le plafond ; elle a deux vantaux, qui viennent buter chacun contre la panne transversale de deux cornières adossées, formant dans l'axe du navire une épontille en forme de T.

Ces portes se manœuvrent du pont de la batterie. Une chaîne, amarrée sur leur face intérieure, passe dans un réa, et va s'enrouler sur un treuil placé dans l'entrepont de la batterie, ce qui permet de les fermer sans les laisser tomber de toute leur hauteur ; pour plus de sécurité, lorsque le navire ne navigue pas, elles sont supportées par un verrou placé contre la muraille, qu'il faut retirer pour les fermer.

La fermeture s'obtient très simplement (*pl.* 81, *fig.* 604), au moyen de deux tiges de fer A, taillées en biseau à leur partie supérieure, et faisant sur le parquet une saillie de 5 centimètres environ ; ces pièces de fer reposent sur un ressort, de sorte que la porte, en pressant sur leur face oblique, les refoule verticalement, et elles se relèvent ensuite d'elles-mêmes, exactement comme le bec de cane d'une serrure. Pour ouvrir la porte, il faut les refouler de nouveau ; à cet effet, la porte est munie d'une tige en fer verticale, glissant dans des bagues en fer, et avec laquelle, au moyen d'un levier, on peut exercer une pression suffisante sur les tiges A ; en embraquant alors la chaîne, on peut facilement relever la porte.



La fermeture ainsi obtenue est excellente ; son étanchéité est encore assurée par une large bande en caoutchouc B (*pl.* 81, *fig.* 605), dont la porte est munie sur tout son contour. Cette bande de caoutchouc est tenue par deux lames de fer, et c'est la portion située entre ces deux lames qui vient appuyer fortement contre une latte semi-circulaire C en fer, rivée sur les cornières, qui servent de cadre à chacune des portes.

Dans les faux-ponts, la communication se fait par des portes plus petites, de $0^m,80$ de largeur environ, tournant sur de forts gonds, placés sur un des côtés verticaux ; ces portes sont en tôle, et consolidées par un cadre en cornière légère. L'étanche est obtenu en plaçant, soit sur la porte, soit sur la cloison, une bande de caoutchouc ou de cuir, que la fermeture de la porte comprime ; une disposition fréquemment employée consiste à placer le caoutchouc dans un petit cadre en fer en U sur la cloison, et à fixer à la porte un petit fer triangulaire, ou une petite cornière, qui vient le comprimer. Pour maintenir la porte fermée, on a souvent employé des boulons à charnière, munis d'écrous carrés, ou mieux d'écrous à oreilles (*pl.* 81, *fig.* 606), qui viennent pincer le pourtour de la porte. Cette disposition n'est pas bonne, parce qu'elle ne permet pas la fermeture de la porte, par l'un quelconque des deux compartiments qu'elle sépare, et que, si le compartiment où se trouvent les boulons est envahi, la porte devient inutile ; on préfère aujourd'hui employer des verrous fixés soit sur la porte (*pl.* 81, *fig.* 607), soit sur la cloison ; en tournant, ils montent sur un petit plan incliné, et obligent la porte à s'appliquer sur la surface d'appui ; des poignées doubles permettent de les manœuvrer de part et d'autre de la cloison. Il faut avoir soin d'équilibrer ce système, de manière que, quand la porte est ouverte, les poignées abandonnées à elles-mêmes tombent verticalement, et ne soient pas une gêne pour la circulation ; quand il y en a à la partie supérieure, elles sont tenues horizontalement par un ressort. Enfin, ces portes assez lourdes doivent, pour ne pas retomber d'elles-mêmes, être maintenues ouvertes par un fort crochet.

Nous citerons encore des portes doubles (*pl.* 82, *fig.* 608), manœuvrées automatiquement par un flotteur, dès que l'eau arrive au niveau de leur pied ; elles sont placées des deux côtés de la cloison, afin que l'envahissement de l'eau de part et d'autre produise la fermeture, et sont retenues ouvertes en temps ordinaire par un loquet commandé par le flotteur. Celui-ci est placé sur le pont dans une boite percée de trous ; dès qu'il est soulevé par l'eau, le loquet s'abaisse, la porte abandonnée à elle-même vient s'appliquer sur la cloison, soit par son poids, si son axe de rotation est oblique à l'horizon, soit par le jeu d'un ressort. La pression de l'eau, et l'action d'un verrou manœuvrable de part et d'autre complètent la fermeture.

Vannes. — Il est nécessaire que les compartiments puissent communiquer temporairement, pour que les eaux à épuiser par les pompes puissent passer de l'un à l'autre ; on établit donc toujours, aussi bas que possible, une ou deux vannes (*pl.* 82, *fig.* 609), qui sont des réductions des portes étanches ; elles coulissent verticalement, et sont commandées d'un pont supérieur. La tige, après avoir traversé dans un presse-étoupes le pont étanche, est disposée à émerillon, et le bout supérieur taraudé passe dans un écrou fixé sur le pont de commande. Une clef à douille, en faisant tourner la tige taraudée, fait monter la vanne, sans que, grâce à l'émerillon, elle ait une tendance à tourner. Le bout de la tige dépasse le pont en montant, et indique à l'œil le plus inattentif qu'une vanne est ouverte, fait toujours exceptionnel. Quand la disposition des emménagements ne permet pas de placer la commande de la vanne verticalement au-dessus d'elle, un système de leviers, facile à imaginer, permet de la faire aboutir sur un endroit dégagé du pont. Les tringles doivent être guidées le long de la cloison, et disposées de manière à ne pas risquer d'être entravées dans leur jeu par des objets étrangers.

D'autres systèmes d'indication de la position des vannes ont été imaginés ; ils reposent sur l'emploi d'un doigt porté par la vis, qui, en montant verticalement, et en coulissant dans la rainure héliçoïdale d'une douille, fait tourner celle-ci et une aiguille, qu'elle entraine avec elle.

Essai des cloisons étanches. — Toutes les dispositions indiquées ci-dessus étant prises, il faut s'assurer que le résultat est obtenu, et que l'eau ne pourra pas passer d'un côté à l'autre de la cloison. Comme premier essai, on peut se contenter de diriger sur les diverses parties de la cloison, et surtout contre sa jonction avec la muraille, le jet d'une forte pompe à incendie, et bien souvent les défauts de matage apparaitront, l'eau traversant les joints et passant de l'autre côté. Il ne faudra pas se contenter de ce premier essai ; on devra toujours (1) faire remplir complètement chaque compartiment jusqu'à la flottaison la plus haute, que donnerait au bâtiment le remplissage d'un des compartiments contigus à cette cloison, et maintenir la charge d'eau pendant six heures consécutives. La cloison essayée ne doit donner lieu qu'à des suintements, et ne conserver, une fois l'essai terminé, aucune déformation permanente sérieuse. Suivant l'importance des imperfections constatées, on devra changer des rivets, rectifier le portage des tôles, refaire le matage. Il n'y a pas à reculer devant la petite dépense de travail et d'eau, que cette épreuve entraîne, des cloisons non complètement étanches étant plus nuisibles qu'utiles.

(1) Circulaire du 20 août 1885.

CHAPITRE XXVII.

SYSTÈME LONGITUDINAL.

Description du système. — Le système de construction transversale a l'inconvénient de ne faire contribuer en rien la membrure, qui est une portion considérable de la matière entrant dans la coque, à la rigidité longitudinale. Si l'on remarque que la membrure n'a pas, comme sur les bâtiments en bois, à retenir en contact les divers éléments du bordé, qui forme sur les navires en fer un tout solidaire, on comprend facilement que son importance puisse être réduite, au bénéfice des liaisons longitudinales. Tel est le but des divers systèmes de construction longitudinale, dont le premier a été inauguré sur un bâtiment de dimensions colossales, le Great Eastern, construit par M. Scott Russell sur les plans de Brunel, et lancé en janvier 1858.

Nous décrirons sommairement le système de construction du Great Eastern, qui nous servira de point de départ.

Dans un mémoire adressé par lui à l'Institution des Naval Architects, M. Scott Russell s'exprime ainsi :

« 1° Je divise le navire par autant de cloisons étanches, que l'usage auquel il est destiné le permet. J'aime à avoir des cloisons espacées de la largeur du navire ; si la longueur est huit fois la largeur, je désire avoir au moins sept cloisons transversales.

« 2° J'ai entre ces cloisons ce que j'appelle des cloisons partielles, c'est-à-dire le bord extérieur d'une cloison, débarrassée de sa partie centrale, de manière à former une poutre continue courant tout autour du navire, et ne gênant pas l'arrimage.

« 3° Je fais courir de cloison en cloison des barrots, ou poutres longitudinales, placées au milieu de chaque virure du bordé extérieur, à angle droit avec elle, de manière à former une poutre rigide. Ces poutres longitudinales croisent les écarts des tôles, qui jusqu'ici ont été leur partie la plus faible, et ajoutent à la résistance des rivets du joint celle d'une ligne de rivets et d'une cornière de jonction, courant le long du milieu de la tôle du bordé. La longitudinale et le bordé ne font qu'un.

« 4° Avec l'économie de fer réalisée sur les membres, je fais un pont continu, supporté principalement par des cloisons, et des longitudinales placées sous lui, et je crois ce fer beaucoup mieux utilisé sous cette forme, que sous celle de membres fixés au bordé. »

M. Scott Russell évalue de la manière suivante la répartition des poids de la charpente, dans les deux systèmes, pour un bâtiment de 700 tonneaux :

	Système transversal.	Système longitudinal.
Bordé	110tx	110tx
Liaisons transversales	130	40
Liaisons longitudinales	40	130



Il est incontestable que les efforts de flexion longitudinale sont plus puissants que ceux de déformation transversale, et qu'il vaut mieux accroître la résistance opposée aux premiers.

Les dimensions du Great Eastern sont les suivantes :

Longueur	207m,40
Largeur	25,30
Creux	18,30
Déplacement	25,000tx

Ces dimensions colossales, que l'expérience commerciale n'a d'ailleurs pas justifiées, auraient conduit, avec le système de construction ordinaire, à des échantillons de tôles et de membrures inacceptables.

Les lisses longitudinales (*pl.* 82, *fig.* 610) sont composées d'une âme en tôle de 865 millimètres de largeur, armée de cornières sur les bords ; dans les hauts, elles sont espacées de 2m,45, et constituent les gouttières des ponts ; plus bas, elles sont placées de deux en deux virures du bordé, à 1m,50 d'intervalle ; dans les fonds, on en trouve une sur chaque virure, à 75 centimètres d'écartement.

En outre, jusqu'au pont inférieur, un vaigrage continu en tôle, rivé à la cornière intérieure des longitudinales, de la même manière que le bordé extérieur, forme un double fond complet, sur presque toute la longueur du navire, et prévient, en cas d'échouage et de déchirure du bordé, l'introduction de l'eau dans la cale. Le Great Eastern a fait l'expérience de l'utilité de cette disposition ; en touchant sur des rochers, il se fit une déchirure de 25 mètres de long sur 1m,50 de large, qui ne compromit en rien sa sécurité, le vaigrage étant resté intact.

A l'extrême arrière, la construction est un peu modifiée. Les lisses sont arrêtées graduellement, trois à la dernière cloison, cinq à la suivante, trois dans le compartiment intermédiaire, toutes les autres à la troisième cloison. A partir de la cloison du presse-étoupes, l'arrière est renforcé par des planchers horizontaux, qui s'étendent jusqu'à un étambot creux en fonte. Enfin, à partir de l'étambot avant, la membrure se compose de couples verticaux, dont les derniers sont dévoyés.

Le pont supérieur est constitué, comme les fonds, par deux bordés en tôle, maintenus à distance constante par des lisses continues de l'avant à l'arrière ; il forme la semelle supérieure de cette énorme poutre creuse.

Les cloisons transversales, totales ou partielles, maintiennent de distance en distance l'écartement des lisses, et par suite les formes transversales ; elles sont toutes étanches. Enfin les cloisons longitudinales, qui limitent les compartiments de la cale, ajoutent encore à la solidité du système, empêchent le pont de s'affaisser, et contribuent puissamment, grâce à leur grande hauteur, à la rigidité longitudinale.

Outre les avantages cités plus haut, on peut remarquer celui du moindre façonnage des cornières ; les cornières longitudinales doivent être légèrement cintrées, mais non équerrées ; celles des cloisons doivent l'être toutes, mais elles sont en nombre relativement restreint ; la charpente des extrémités est d'un assemblage facile, et la réunion des lisses dans ces parties forme des guirlandes, ou des ponts étanches, admirablement appropriés à résister aux chocs longitudinaux ; enfin il ne faut pas passer sous silence l'extrême légèreté du Great Eastern, qui, avec une solidité qui a été mise à l'épreuve, a un poids de coque ne dépassant pas 32 0/0 du déplacement.

Inconvénients de ce système. — On a reproché à ce système des difficultés d'exécution. Ainsi le montage précis des lisses, de manière à conserver la forme transversale exacte, est



difficile, les cloisons qui forment membrures étant très espacées (17 mètres sur le Great Eastern); les lisses sont des surfaces à double courbure, d'un tracé et d'une exécution peu commode. En outre, la répartition du bordé en deux coques, rationnelle sur le Great Eastern, où il importait de réduire les échantillons, pour ne pas dépasser les limites de la fabrication courante, aurait l'inconvénient de les diminuer dans une telle mesure, sur les bâtiments de dimensions ordinaires, que l'usure naturelle des tôles deviendrait bientôt compromettante. Cette subdivision n'est admissible que sur les grands cuirassés, qui ont de forts échantillons; mais alors une autre difficulté se présente. Le navire de commerce porte tous ses poids, chaudières, machines, chargement, dans la cale, où ils reposent directement sur les fonds. Dans le navire de guerre au contraire, le poids énorme de la cuirasse, des tourelles, de l'artillerie n'est transmis aux fonds que par l'intermédiaire de la muraille latérale, qui elle-même tend à se déformer dans les mouvements de roulis, et il importe de conserver une assez grande rigidité transversale, les ceintures cuirassées concourant d'ailleurs dans une certaine mesure à la liaison longitudinale.

Ces diverses considérations expliquent pourquoi le système, si brillamment inauguré par M. Scott Russell, n'a pris aucun développement dans la marine commerciale, et pourquoi la marine de guerre, tout en l'adoptant, lui a fait subir de profondes modifications. De ces modifications sont sortis le système mixte à membrures tronçonnées (*bracket-system*), adopté en Angleterre, puis en France, et enfin le système employé pour quelques navires, tels que le Formidable, le Hoche, etc., dans lesquels on a cherché à augmenter encore la résistance transversale. Mais l'avantage capital du système à double coque, la division en cellules étanches de la partie la plus exposée aux déchirures, y a été soigneusement conservée.

L'espacement considérable des membrures, le moindre soutien fourni au bordé, qui en résulte, est l'objection la plus sérieuse qui ait été faite à ce mode de construction; mais il est rare, dans un bâtiment construit dans le système transversal, que la tôle soit déchirée, sans que le choc n'ait assez de force pour briser et tordre les membres; en outre, quand la tôle est de bonne qualité, elle peut s'emboutir assez fortement sous une pression extérieure, sans se déchirer. Enfin, l'accident du Great Eastern, et l'échouage, encore présent à toutes les mémoires, de la Dévastation, sont là pour prouver que la solidité obtenue est très suffisante.

Introduction du système longitudinal dans la marine de guerre. — L'introduction du système longitudinal ne s'est faite dans la marine de guerre, et premièrement dans la marine anglaise, qu'avec des modifications, qui avaient non seulement pour but de remédier aux inconvénients précédemment signalés, mais encore de parer à de nouveaux besoins, et de mettre les différentes parties de la coque en rapport, comme solidité, avec les différents efforts qu'elles ont à subir. A ce point de vue, on peut remarquer que la coque des navires cuirassés est divisée en trois régions, dont la destination et le mode de construction diffèrent.

Fonds. — Une région inférieure, allant depuis la quille jusqu'à la cuirasse, doit résister aux échouages, aux effets des torpilles, s'il est possible, et aux efforts de compression longitudinale; aussi l'a-t-on constituée par un réseau de membres longitudinaux et transversaux, continus ou discontinus, suivant des combinaisons très variées; cette charpente est recouverte extérieurement par le bordé, et, à part quelques bâtiments construits au début, intérieurement par un vaigrage, régnant sur environ les deux tiers de la longueur de la coque, et allant sur les côtés jusqu'à des cloisons étanches longitudinales. Entre le bordé et le vaigrage, certains couples et certaines lisses sont étanches, et forment, par leur croisement, des groupes de cellules sans communication entre elles, sauf par des trous d'homme, fermés en temps ordinaire. Il est important, pour le bon entretien de la coque, que

ces cellules aient des dimensions suffisantes, pour qu'on puisse y circuler sans trop de difficulté, les assécher et les peindre : une hauteur de 1 mètre pour le double fond, un écartement des membres de $0^m,90$ sont les minima admissibles.

Tranche cuirassée. — Une seconde tranche est recouverte extérieurement par la ceinture de cuirasse; elle doit résister surtout aux chocs des projectiles, porter les attaches du blindage; elle est par suite composée de membrures plus rapprochées que celles des fonds; le barrotage des ponts, dont l'un, placé à son niveau supérieur, est blindé, ajoute beaucoup à sa résistance transversale.

La hauteur de la partie cuirassée varie suivant les types. Quelquefois (*pl.* 83, *fig.* 611) elle s'élève dans la partie centrale, pour former un réduit abritant l'artillerie, fermé à l'avant et à l'arrière par des traverses arrondies, dont la muraille repose sur le pont blindé. Quelquefois le réduit, au lieu de prolonger la ceinture de cuirasse, est en retrait sur elle (*pl.* 83, *fig.* 612); c'est une citadelle posée sur le pont blindé, qui protège la base de tourelles tournantes. Souvent enfin, tout réduit est supprimé; l'artillerie est enfermée dans des tourelles ouvertes ou fermées, placées sur le pont blindé (*pl.* 85, *fig.* 613), ou même à des étages plus élevés (*pl.* 84, *fig.* 614), en ménageant toutefois un passage blindé pour les munitions. Cette dernière disposition est adoptée sur la plupart des navires les plus récents.

Œuvres mortes. — Enfin une dernière partie, superposée aux deux premières, n'a d'autre but que de fournir soit un complément de logement, soit un volume suffisant d'œuvres mortes, pour assurer la navigabilité. Le plus souvent la membrure sous cuirasse est arrêtée sous le pont cuirassé, et la construction légère, qui le surmonte, ne lui est que faiblement reliée. En tout cas, cette construction ne contribue que peu à la rigidité de la coque; il importe qu'elle soit traversée sans éclatement par les projectiles percutants; on se borne donc à une membrure transversale légère, recouverte par un bordé en tôle.

Dans certains bâtiments, les œuvres légères renferment deux entreponts; sur les cuirassés de second rang, elles se réduisent à un seul; enfin, dans quelques autres, elles sont placées très en retrait sur la muraille, pour ne pas gêner le tir des tourelles; elles ne forment plus alors que le support d'un pont de manœuvre, et renferment les panneaux de descente et d'aération, et la cheminée.

Charpente des fonds. — Nous examinerons en premier lieu la charpente des fonds, dont la complication est assez grande, par suite des combinaisons très diverses, qui ont été adoptées.

Continuité des lisses et des couples. — Les lisses et les couples venant se croiser à angle droit, l'une des deux pièces qui se rencontrent doit être continue, et l'autre discontinue. Les lisses et les couples se composent le plus souvent d'une tôle et de deux cornières; on peut donc imaginer des combinaisons diverses, dans lesquelles on interrompra un, deux ou trois éléments de la lisse, et en même temps on rendra continus un, deux ou trois des éléments du couple. Le plus souvent, la cornière extérieure et la tôle sont en même temps continues ou discontinues, ce qui réduit à deux le nombre des combinaisons. Enfin, dans quelques cas, en ne plaçant pas les cornières intérieures des couples à la même hauteur que celles des lisses, on peut conserver aux unes et aux autres la continuité.

Charpente du Warrior et du Northumberland. Partie centrale. — Au moment où on construisait en France la Gloire, l'Angleterre mettait en chantier le Warrior, et abandonnant avec hardiesse les errements de la construction en bois, adoptait franchement un nouveau système.

La charpente des fonds (*pl.* 85, *fig.* 615) était formée de 6 lisses longitudinales continues, composées d'une tôle reliée au bordé par deux cornières, et armée d'une cornière intérieure; elles étaient entretoisées par des tronçons de membrure allant d'une lisse à l'autre, et bordés de deux cornières extérieures, façonnées en forme de cadres rectangulaires, épaulées de manière à contourner les cornières des lisses longitudinales. Enfin, les tronçons d'un même couple étaient reliés entre eux par une membrure intérieure continue, composée d'une tôle de peu de hauteur, bordée d'une cornière, et rivée avec toutes les tôles des tronçons de couples, qui venaient s'appliquer contre elle. Les membrures intérieures passaient dans des échancrures pratiquées dans les longitudinales 2 et 5 (numérotées à partir de la lisse centrale n° 1), et par-dessus les autres, dont la hauteur était en conséquence plus faible.

La hauteur des longitudinales les plus basses est de $0^m,48$; l'épaisseur totale de la membrure est de $0^m,685$; la distance de gabariage en gabariage $1^m,13$. Un tronçon supplémentaire de membrure est placé dans chaque maille, de la lisse centrale à la voisine, et réduit de moitié la maille dans les fonds. Toutes les tôles des lisses, sauf celles n°s 2 et 5, qui sont étanches, toutes celles des couples qui ne correspondent pas aux cloisons étanches, sont allégées par des évidements circulaires. Les lisses s'étendent sur une longueur de 85 à 97 mètres, et sont arrêtées à des cloisons transversales; un vaigrage étanche recouvre l'espace compris entre la carlingue centrale et la longitudinale voisine, seulement dans la région occupée par les machines et les chaudières; l'espace ainsi limité est subdivisé en cellules par la continuation des cloisons transversales étanches. La lisse n° 5, également étanche, reçoit le pied d'une cloison longitudinale, soutenue par les tôles gouttières du faux-pont et de la batterie, et par des taquets à sa partie inférieure. Cette cloison est rendue étanche dans toutes ses parties, spécialement au passage des membrures continues, et l'espace ainsi obtenu en abord est divisé en cellules par la gouttière du faux-pont, et par des cloisons totales ou partielles. Ces cloisons sont une consolidation énergique contre les efforts de flexion longitudinale; elles sont une protection efficace contre les coups d'éperon et même les dégâts causés par les torpilles; aussi les verrons-nous employées sur presque tous les cuirassés jusqu'à l'époque actuelle.

Charpente des extrémités. — La charpente des extrémités est construite dans le système transversal (*pl.* 85, *fig.* 616); elle est renforcée par une cloison médiane, qui, à l'étrave, monte jusqu'au gaillard, et est réduite à une hauteur de $5^m,50$ à son extrémité arrière, rivée sur une cloison transversale; elle est formée de tôles assemblées à double couvre-joint, renforcée par des cornières, et par l'attache des cloisons transversales. Des guirlandes sont établies à chaque pont, et à mi-hauteur entre eux; elles sont formées de tôles intercostales, fixées par des bouts de cornière au bordé, et réunies par une cornière longitudinale, rivée sur les cornières renversées des membres; la lisse supérieure, qui forme chaise de cuirasse, est en outre prolongée par un pont complet, allant jusqu'à l'étrave. Tout cet ensemble est disposé pour résister d'une manière très efficace aux chocs de l'éperon, et est divisé en nombreux compartiments étanches.

A l'arrière, des dispositions analogues sont prises; les longitudinales, sauf une, sont arrêtées à la cloison du presse-étoupes; la réduction de la résistance longitudinale est compensée par le tube d'étambot, le bordé en tôle du faux-pont et la cloison centrale, qui est reliée au tube et à l'étambot, et se prolonge au-dessus du tube jusqu'au bordé du faux-pont. Les membrures sont transversales, et leurs varangues reliées au tube par des collerettes en cornière.

Dans le Northumberland, qui a suivi de près le Warrior, le système de construction diffère peu; cependant l'Amirauté anglaise paraît avoir été effrayée du faible soutien donné au bordé sur le Warrior, et on a par suite rapproché les membres, tout en les allégeant. Ainsi la distance de ga-

bariage en gabariage n'est plus que de 71 centimètres; les cadres en cornières des tronçons des membres sont simples, au lieu d'être doubles; la membrure intérieure continue se compose d'une simple cornière au lieu d'une cornière et d'une tôle; enfin les varangues supplémentaires sont supprimées.

Inconvénients. — Tout cet ensemble constituait une coque plus rigide à la vérité, mais d'une construction compliquée et coûteuse; les cadres en cornières forgées, les lisses étanches nécessitaient beaucoup plus de main d'œuvre. D'autre part, on n'obtenait qu'un petit nombre de compartiments étanches, le vaigrage ne recouvrant pas dans toute sa largeur les fonds du bâtiment, que le peu de hauteur des membres n'eût pas permis d'entretenir et de repeindre. Aussi ne tarda-t-on pas à surélever les membres, tout en lès évidant fortement, de manière à permettre la circulation en maille, et à prolonger le vaigrage jusqu'aux cloisons étanches longitudinales.

Bracket-system. — Ce second système de construction est connu sous le nom de *bracket-system;* il est caractérisé par le fractionnement de chaque tronçon de couple (*pl.* 86, *fig.* 617), en deux goussets de tôle, réunis au bordé, au vaigrage et aux longitudinales par des cornières. Le vaigrage, plus développé que précédemment, s'étend jusqu'aux cloisons longitudinales, et court sur les deux tiers de la longueur du bâtiment.

Une lisse longitudinale règne dans le plan médian; six lisses sont placées de chaque côté, et suivent le milieu des virures de recouvrement du bordé ; la lisse n° 7 (la lisse centrale portant le n° 1) forme tablette ou chaise de cuirasse; la lisse n° 5 est étanche, et reçoit le pied de la cloison étanche longitudinale. Les tôles et cornières extérieures des lisses sont toutes continues; leurs cornières intérieures sont discontinues. Les lisses partent toutes d'une cloison étanche, située près de l'étambot; à l'avant, quelques lisses intermédiaires s'arrêtent avant l'étrave; les autres, plus rapprochées, se réunissent deux à deux en formant guirlande.

Couples. — Les couples sont constitués (*pl.* 86, *fig.* 618) : 1° par une cornière extérieure discontinue s'arrêtant à chaque lisse ; 2° par une cornière intérieure, continue d'un bord à l'autre, et franchissant les lisses dans des entailles; cette cornière est à la même distance du bordé que la cornière intérieure discontinue des lisses, et tournée dans le même sens, afin que les unes et les autres puissent recevoir l'attache du vaigrage; 3° par des goussets en tôle évidée (bracket), reliés aux bordés extérieur et intérieur par les cornières dont nous venons de parler, et qui sont placées d'un même côté du plan de gabariage; ils sont fixés aux deux lisses qu'ils rencontrent par deux bouts de cornière, placés du côté opposé du plan de gabariage, afin que tout travail d'épaulement soit évité.

De distance en distance sont placés, au droit des cloisons transversales, des couples étanches (*pl.* 86, *fig.* 619), qui, avec les lisses 1 et 5, limitent les cellules du double fond; ces couples sont formés par une tôle pleine remplaçant les goussets, et, de chaque côté de la tôle, un cadre en cornière forgée et épaulée, pour faire l'étanche d'une lisse à l'autre. On réduit ainsi au strict nécessaire le travail de façonnage des cornières, si considérable dans le système précédent.

Lisses. — Les tôles des lisses (*pl.* 86, *fig.* 620) sont réunies bout à bout par des couvre-joints à deux rangs de rivets; dans toutes les mailles autres que celle où se trouve l'écart, on pratique des trous d'évidement, réduisant la résistance surabondante de la lisse à ce qu'elle est aux joints. La cornière intérieure discontinue est double, la cornière extérieure est simple; elle est épaulée de manière à franchir les couvre-joints des écarts *a* du bordé extérieur. Cette disposition rend assez difficile à obtenir l'étanchéité des lisses, dont la cornière doit être façonnée d'après le



couvre-joint, qui n'est travaillé que plus tard. Il est préférable pour les lisses étanches (*pl.* 86, *fig.* 621) d'arrêter le couvre-joint de chaque côté de la cornière de la lisse, et de le faire monter sur la panne de cette cornière appliquée sur le bordé. La cornière extérieure étant placée contre une des virures de recouvrement (*pl.* 86, *fig.* 622), l'une de ses pinces passe entre la tôle du bordé et la cornière extérieure du couple dans l'épaisseur de la cale, et on peut la réunir à celle du couple par un rivet, sans aucun façonnage ; l'autre pince passe dans une échancrure du bracket.

Les lisses étanches ne sont percées que des trous d'homme nécessaires à la circulation dans le double fond ; le passage des cornières intérieures des membres, dans les échancrures de ces lisses, est soigneusement maté.

Le diagramme du Bellerophon (*pl.* 86, *fig.* 623) donne le tronçonnement des cornières extérieures et des tôles des lisses et des couples ; un diagramme exactement inverse donne la division des cornières intérieures. L'espacement des membres est de $1^m,22$; tous les quatre couples environ, il y a un couple étanche, subdivisant en cellules le compartiment compris entre la lisse centrale et la lisse étanche, et celui compris entre la cloison longitudinale et la muraille.

Le vaigrage est rivé à franc-bord sur les cornières intérieures des couples et des lisses ; ses couvre-joints étant placés au-dessous, la surface intérieure est absolument lisse.

Charpente hors du double fond. — A l'avant et à l'arrière du double fond, les cornières intérieures des lisses et des couples n'ayant plus besoin d'être de niveau, on fait passer celles des couples (*pl.* 86, *fig.* 624) par-dessus celles des lisses, que l'on peut désormais rendre continues. En même temps on retourne la cornière du couple, de manière qu'elle vienne porter à plat sur celle de la lisse, et se réunir à elle par un rivet ; il n'y a plus par suite d'entaille à faire dans la lisse, pour le passage des cornières intérieures des membres. Les cornières continues des membres sont réduites d'échantillon, et les goussets remplacés par des tôles évidées : la réduction de l'échantillon sur le tour des membres, dans cette partie, ne laisserait pas entre les brackets l'espace nécessaire au passage d'un homme ; on trouve plus économique, et aussi léger, d'employer des tôles évidées.

A l'avant, l'une des lisses est développée, de manière à former un plafond étanche, placé en dessous du pont inférieur, et jouant dans cette partie le rôle du double fond supprimé ; les autres lisses forment de puissantes guirlandes. A l'arrière toutes les lisses s'arrêtent à une cloison située en avant de l'étambot, et sont continuées par des plafonds horizontaux, qui réunissent, au-dessus et au-dessous du tube d'étambot, les varangues d'une série de couples transversaux, que le tube lui-même rend encore solidaires.

Hercules, Monarch. — Ce mode de construction, adopté en premier lieu pour le Bellerophon, a été suivi, avec quelques variantes de peu d'importance, pour l'Hercules (*pl.* 87, *fig.* 625), le Monarch, etc. C'est ainsi qu'on a rendu simples les cornières longitudinales intérieures, qu'on a ajouté sur l'Hercules des carlingues de forme ordinaire, au-dessus du double fond. On a continué depuis à employer ce système pour tous les cuirassés construits en Angleterre. Une variante a été adoptée par Sir Edward Reed pour quelques cuirassés étrangers ; toutes les tôles des lisses sont continues, et leurs cornières discontinues, et façonnées en cadres épaulés, comme on le fait d'ailleurs souvent dans le bracket-system sous les machines et à la rencontre des membrures étanches ; toutes les tôles des couples sont interrompues aux lisses ; leurs cornières sont en revanche toutes continues. Par cette disposition, on a cherché à réaliser une rigidité transversale plus grande, les bâtiments dont il s'agit ayant une grande largeur, et à faciliter le montage des couples, toujours assez laborieux quand on les divise en tronçons.

CHAPITRE XXVIII.

SYSTÈME LONGITUDINAL ADOPTÉ EN FRANCE. — MEMBRURE SOUS CUIRASSE.

Continuité des cloisons. — En France, le système de construction à membrures tronçonnées a été introduit par M. l'inspecteur général du Génie maritime de Bussy en 1872, après avoir subi, dès le début, quelques transformations : la principale consiste à faire passer l'étanchéité des cloisons avant la continuité des lisses. Dans les constructions anglaises les lisses sont toutes continues, et traversent les couples étanches, en donnant lieu à bien des difficultés de matage ; les couples étanches sont continués par une cloison transversale, tenue par des cornières sur le vaigrage. En France, on a préféré interrompre toutes les lisses, la lisse centrale et la lisse tablette exceptées, à chaque couple étanche, en assurant la liaison des tronçons consécutifs de chaque lisse par un rivetage convenable. En réalité on gagne beaucoup en facilité de travail, mais on perd sur la résistance. En effet, si l'on suppose la lisse continue, l'attache des tronçons des couples étanches exige un rivetage espacé de 5 diamètres, et par suite réduit la résistance de l'âme de la lisse à 80 centièmes de ce qu'elle est en dehors du rivetage ; les écarts de l'âme, rivés à double couvre-joint et à deux rangs de rivets, ont une résistance relative de 83 centièmes environ (Tôle d'acier, rivée en fer) ; ces réductions de résistance sont à la vérité en partie compensées par la continuité de l'une des cornières. En interrompant la lisse aux couples étanches, et en la réunissant à ces couples par deux cornières et un rang de rivets qui les traverse toutes deux, on obtient une résistance relative de 72 centièmes environ, sensiblement inférieure à ce qu'elle est aux points les plus faibles d'une lisse continue.

On est depuis arrivé à traiter de la même manière les couples, à la rencontre des lisses étanches, qui reçoivent le pied de cloisons longitudinales, sur les bâtiments tels que le Magenta et le Marceau, où cependant on a fait prédominer la résistance transversale : pour obtenir une lisse réellement étanche, on a interrompu la cornière extérieure du couple, continue partout ailleurs, et on a par suite diminué la résistance du couple.

Lisses continues. — La lisse centrale (*pl.* 88, *fig.* 626) est toujours continue ; elle se compose d'une tôle d'acier armée de quatre cornières, dont les inférieures, appliquées sur la double tôle de quille, sont de beaucoup les plus fortes. Ces cornières, employées par bouts aussi longs que possible, sont réunies par un couvre-joint, formé d'une plate-bande en tôle d'acier, appliquée sous les ailes horizontales des cornières supérieures, et sur les ailes des cornières inférieures.

La lisse la plus élevée, ou *tablette*, se compose d'une tôle bordée de cornières, dont la disposition sera étudiée plus loin en détail.

Couples étanches. — La lisse centrale et les lisses tablettes sont réunies par des couples étanches (*pl.* 87, *fig.* 627), espacés de 6 mètres environ, les uns correspondant à des cloisons étanches, les autres servant simplement à fractionner les capacités du double fond. Ils sont armés de deux cornières extérieures, et de deux intérieures, rivées avec une âme en tôle, et allant de la lisse centrale à la tablette; l'âme est formée de feuilles assemblées à double couvre-joint, avec deux rangs de rivets. Les trois lisses et les couples étanches constituent un premier réseau, subdivisé par les lisses et les couples évidés.

Lisses discontinues. — Les lisses intermédiaires (*pl.* 88, *fig.* 628) sont formées d'une âme en tôle et d'une cornière extérieure, continues de couple étanche en couple étanche, et d'une cornière intérieure moins forte, interrompue à chaque couple. L'âme en tôle, pleine dans les régions où les lisses doivent être étanches, est partout ailleurs découpée en maille d'évidements, réduisant sa résistance à ce qu'elle est aux points d'assemblage avec les membres. Les portions étanches des lisses reçoivent le plus souvent le pied des cloisons longitudinales étanches.

Couples discontinus. — Entre les longitudinales viennent se placer les couples discontinus (*pl.* 88, *fig.* 629); ils sont constitués par une cornière appliquée sur le bordé, et interrompue à chaque lisse, une cornière plus faible appliquée sous le vaigrage et allant de la lisse centrale à la tablette; ces cornières sont jonctionnées par des goussets en tôle, placés contre la tôle de chaque lisse, et laissant entre eux, dans l'intervalle qui sépare deux lisses consécutives, un large évidement. Dans les parties qui doivent être plus vigoureuses, le dessous de la machine et des chaudières, l'intervalle compris entre la tablette et la dernière longitudinale, par exemple, on remplace les goussets par des tôles évidées. Quelquefois la cornière intérieure est interrompue à la lisse étanche, qui reçoit la cloison longitudinale, afin de n'avoir pas à y découper un passage, toujours difficile à rendre étanche.

La réunion des lisses et des couples est effectuée par des bouts de cornières, placés dans l'angle qu'ils forment; l'attache des couples étanches sur la tablette et la longitudinale centrale est toujours faite par deux cornières; pour les autres assemblages, on se contente généralement d'une seule cornière.

Espacement et échantillon de la membrure. — L'espacement des couples est variable; sur le Tonnerre il est de 95 centimètres, sur la Dévastation de $1^{m},10$, sur l'Amiral-Duperré de $1^{m},25$. Les lisses, dont le nombre est de 6 à 8 de chaque bord (y compris la tablette), sont espacées au maître-couple de $1^{m},70$ à $2^{m},20$. Elles vont en se rapprochant aux extrémités, et sont arrêtées aux points convenables, pour que leur écartement ne tombe jamais au-dessous de 60 centimètres. Enfin l'échantillon de la membrure sur le tour varie de 95 centimètres sur le Tonnerre à $1^{m},15$ sur la Dévastation et l'Amiral-Duperré. Dans ces conditions, l'entretien et la peinture des cellules n'offrent pas trop de difficultés.

Les dispositions que nous venons d'indiquer pour le tronçonnement des divers éléments des couples et des lisses obligent à découper ces dernières, de manière à laisser passer sans interruption les cornières intérieures des couples, ce qui devra être fait avec précision, s'il s'agit d'une lisse étanche.

Modes divers de tronçonnement. — Si l'on examine les divers diagrammes (*pl.* 89 et 90, *fig.* 630 à 633), on verra que le mode de tronçonnement a été fréquemment modifié. Sur la Dévastation, la Tempête et les bâtiments similaires, les tôles et cornières extérieures sont discontinues pour les couples, et les cornières intérieures continues; sur la Dévastation, ces dernières

sont interrompues à la rencontre de la lisse nº 6 étanche, qui seule a une cornière intérieure continue.

Sur le Caïman et l'Amiral-Duperré, les cornières extérieures et intérieures sont continues sur les couples, discontinues sur les longitudinales; c'est l'inverse pour les tôles. Sur ces derniers bâtiments, on a surélevé la tôle des membrures étanches, qui dépasse le vaigrage et s'assemble directement, à deux rangs de rivets, avec les tôles des cloisons étanches; le vaigrage est par suite interrompu. Cette disposition paraît préférable à celle que l'on emploie le plus souvent, et qui consiste à border la cloison de cornières, rivées à travers le vaigrage aux cornières intérieures de la membrure.

On comparera utilement ces diagrammes à celui de l'Hercules (*pl.* 87, *fig.* 625), dans lequel les tôles et les cornières extérieures des lisses sont continues, sans interruption aux couples étanches, et les cornières intérieures des couples sont continues.

Jonctions. — L'étanchéité de la lisse centrale et des lisses tablettes, continues dans toutes leurs parties, n'offre aucune difficulté autre que la bonne exécution du matage, principalement aux écarts des cornières.

Les autres jonctions rentrent dans les trois cas suivants :

1° Jonction des couples étanches avec les lisses étanches (*pl.* 91, *fig.* 634). Les cornières du couple étant toutes continues, les cornières longitudinales de la lisse, et les bouts de cornière de jonction doivent être épaulés, de manière à les contourner, ainsi que la cale, qu'il faut interposer entre le couple et la virure du plan extérieur, sur laquelle porte la lisse. Ces cornières peuvent s'assembler à onglets, ou croiser leurs extrémités, ou même être soudées, pour former cadre.

2° Jonction d'un couple étanche et d'une lisse évidée (*pl.* 91, *fig.* 635). La cornière intérieure de la lisse est coupée carrément, sans grande précision, et est arrêtée contre les cornières du couple. La cornière extérieure, qui doit soutenir plus complètement le bordé, est épaulée et arrêtée à la pince transversale des cornières extérieures du couple. Deux tronçons de cornières sont placés de chaque côté du couple, pour réunir les deux parties de la lisse; ils partent tous deux de la cornière extérieure de la lisse, et sont arrêtés aux cornières du couple.

La jonction d'un couple évidé et d'une lisse étanche (*pl.* 91, *fig.* 636) affecte une disposition analogue.

3° Jonction d'un couple évidé et d'une lisse évidée (*pl.* 91, *fig.* 637). Dans le cas où la cornière intérieure du couple est seule continue, la cornière intérieure de la lisse est interrompue pour la laisser passer; la cornière extérieure du couple est interrompue de la même manière, pour laisser passer celle de la lisse; les deux tronçons de cornière, nécessaires pour relier les deux parties des couples, sont arrêtés, l'un au vaigrage et à la cornière extérieure de la lisse, l'autre au bordé et à la cornière intérieure du couple; aucun épaulement n'est nécessaire. Il faut seulement découper dans la lisse le passage de la cornière extérieure du couple, et dans un des tronçons du couple celui de la cornière intérieure de la lisse.

Il résulte de tout ce qui précède, et de la variété des combinaisons successivement adoptées, que le mode de sectionnement n'a pas une bien grande importance, et qu'il vaut mieux adopter celui qui offre la plus grande simplification dans le travail des cornières et dans le matage. On peut par suite sans inconvénient traiter les lisses étanches comme les couples étanches, et donner une continuité complète à tous leurs éléments, de couple étanche en couple étanche; on n'aura par suite à façonner et à mater que le premier réseau des membres et des lisses étanches; le second viendra se relier au premier, sans qu'on ait à s'occuper d'autre chose que de l'étanchéité des rivets, qui pas-



sent d'une cellule étanche dans une autre. Tous les éléments d'une pièce étant simultanément continus, on pourra au besoin les river avant montage. Dans ce système, nous trouvons une lisse centrale et deux tablettes, continues dans toutes leurs parties et d'un bout à l'autre; des couples étanches continus dans toutes leurs parties, de l'axe à la tablette; une ou plusieurs lisses étanches de chaque bord, continues dans toutes leurs parties, de couple en couple étanche; des couples et lisses intermédiaires évidés, continus sur deux de leurs éléments, discontinus sur le troisième et arrêtés à chaque lisse ou couple étanche. L'affaiblissement, qui résulte de l'interruption complète du membre au passage de la lisse étanche, peut être partiellement compensé par un rivetage bien étudié; c'est d'ailleurs ce qui se fait actuellement pour la jonction avec le bordé du double fond des bâtiments à lest d'eau, jonction à peu près impossible à rendre étanche d'une autre manière : on coupe la membrure, et le vaigrage du double fond est relié au bordé par une cornière continue.

Vaigrage. — Sur la plus grande partie de la longueur du navire, le dessus des membres et des lisses est recouvert par un vaigrage en tôle, qui vient encore ajouter à la solidité de leur liaison. La virure centrale est généralement renforcée, les autres sont de largeur constante dans la maîtresse partie, et réunies par des couvre-joints transversaux et longitudinaux, placés par-dessous, les derniers étant interrompus à chaque membrure, et les premiers par les lisses et les couvre-joints longitudinaux. Les écarts de ces tôles doivent être décroisés, tant entre eux qu'avec ceux du bordé extérieur.

Le vaigrage monte jusqu'un peu au-dessus de la cloison longitudinale, placée en abord; il est arrêté sur chaque membre par quelques rivets, et découpé en maille en forme de feston. Au-dessus du double fond, il est bon de compléter la liaison des lisses et des couples par une virure étroite de vaigrage, placée sur chaque lisse et élargie au droit de chaque couple (*pl.* 91, *fig.* 644).

Charpente en dehors du double fond. — Aux extrémités du navire, les membres et les lisses ne sont plus assujettis à avoir la même hauteur; on peut par suite laisser continues toutes les cornières intérieures, en faisant passer celles des lisses par-dessus celles des couples, et en retournant les premières, pour que leur aile cintrée puisse être liée par un rivet avec la cornière de la lisse.

La tôle des lisses (*pl.* 92, *fig.* 638) est donc échancrée à sa partie supérieure de *a* en *b*, et une bande d'acier est placée à l'opposé de la cornière pour compléter la liaison; cette disposition a été adoptée sur l'Amiral-Duperré. Sur d'autres navires, la Dévastation par exemple (*pl.* 92, *fig.* 639), c'est la cornière intérieure du couple qui est retournée, pour franchir la lisse. Les cornières extérieures des couples étant discontinues, il en résulte qu'on n'a aucune échancrure à faire dans les lisses, et que les tôles des couples doivent seulement être exhaussées, et découpées suivant *mnpq*.

Les lisses à l'avant sont arrêtées, au fur et à mesure que leur distance se réduit à 60 centimètres; la lisse centrale s'élargit de manière à former une contre-étrave vigoureuse, qui remonte jusque sous le pont blindé; la lisse tablette (*pl.* 64, *fig.* 475) réunit ses deux branches, de manière à former guirlande; il en est de même de celles des autres lisses, qui sont continuées jusqu'à l'étrave.

A l'arrière, les lisses sont arrêtées à des couples, sauf la tablette, qui contourne l'arrière, et la lisse centrale, qui le plus souvent est exhaussée (*pl.* 92, *fig.* 640,) de manière à suivre l'encolure des varangues; elle est quelquefois bifurquée (*pl.* 93, *fig.* 641), sa branche supérieure suivant l'encolure, et sa branche inférieure continuant le long de la quille jusqu'à l'étambot. On réduit aussi quelquefois la hauteur de la lisse centrale dans cette partie (*pl.* 92, *fig.* 642); et on prolonge les autres lisses par des planchers horizontaux, formant guirlande jusqu'à l'étambot.

Il conviendra toujours, quand les cornières sont dans le même plan, de les réunir par un losange en tôle (*pl.* 93, *fig.* 643), maintenant l'invariabilité de l'angle de la lisse et du couple; sur la lisse centrale, ces losanges se soudent (*pl.* 91, *fig.* 644), de manière à former une virure continue, à largeur variable. En dehors du double fond, les cloisons étanches transversales et longitudinales viennent toujours se river directement sur l'âme des couples ou des lisses étanches.

Trous d'homme. — Le passage d'une cellule dans l'autre est assuré, dans un même compartiment étanche, par les espaces laissés libres entre les brackets, ou par les évidements des tôles qui constituent les lisses, et auxquelles on revient généralement aujourd'hui pour les membres. D'un compartiment étanche à l'autre, on passe par des trous d'homme, bouchés en temps ordinaire; d'autres trous d'hommes, placés sur le vaigrage, permettent de descendre directement de la cale dans chacun des compartiments. Un tuyautage assure l'épuisement ou la distribution de l'eau dans chacun d'eux.

Transformation du système longitudinal. Retour au système transversal. — Sur quelques bâtiments récemment construits, Formidable, Hoche et les navires des mêmes types, on a conservé le double fond, en modifiant considérablement le mode de subdivision de la membrure longitudinale et transversale. Une réaction s'est produite contre les membrures écartées; d'un espacement de $1^m,25$ sur la Dévastation, on est descendu à 65 centimètres sur le Formidable, 90 centimètres sur le Hoche; en même temps, par crainte de voir la membrure s'affaisser sous la charge d'une cuirasse, dont le poids était considérablement augmenté, on a rendu continues toutes les membrures transversales, et discontinus tous les éléments des lisses. On est donc revenu sur ces bâtiments à la construction transversale, avec addition d'un double fond et de plusieurs carlingues intercostales, étanches dans certaines parties.

L'augmentation de poids, qui résulte pour la membrure de son moindre espacement, a conduit naturellement à diminuer le poids des lisses et l'épaisseur du bordé. La hauteur du double fond a été un peu réduite; elle n'est plus que de $1^m,10$ sur le Formidable, 90 centimètres sur le Hoche; en outre on a augmenté l'espacement des lisses, qui, au maître-couple, est de 2 mètres à $2^m,80$ sur le Hoche, 2 mètres à $2^m,50$ sur le Formidable. On a donc sensiblement réduit de ce fait, plus encore que par la discontinuité des tôles, les liaisons longitudinales. Dans les navires précédents, en effet, les lisses étaient déjà interrompues aux couples étanches, et, même sur les navires anglais, elles ont toujours des points affaiblis à leurs écarts; mais leur réduction de hauteur et leur espacement plus grand, conséquence forcée du rapprochement des membrures, ont une action bien plus importante sur la résistance de la coque à la flexion longitudinale.

Dans ce mode de construction, la lisse centrale et la lisse tablette sont seules continues; la lisse centrale se compose de feuilles de tôle assemblées à double couvre-joint, et de quatre cornières. Tous les membres, divisés en deux tronçons allant de la lisse centrale à la tablette, sont formés d'une âme en tôle évidée, bordée de deux cornières, et rattachée à la lisse centrale et à la tablette par deux bouts de cornière. Un couple sur dix environ, correspondant aux cloisons étanches totales ou partielles, est étanche; son âme pleine est bordée de quatre cornières. L'attache des membres sur la lisse étanche est complétée, dans la partie du double fond, par la virure centrale du vaigrage, à laquelle on donne un surcroît d'épaisseur, et aux extrémités par une tôle posée à plat sur la lisse, et élargie à chaque membre.

Les diagrammes de la membrure du Hoche et du Formidable (*pl.* 94, *fig.* 645-646) donneront une idée nette de sa composition, beaucoup plus simple d'ailleurs que les précédentes.

Les lisses, autres que celle de l'axe et la tablette, se réduisent à des tôles intercostales,

bordées de bouts de cornière placés en haut et en bas, et les reliant au bordé et au vaigrage, et de quatre bouts, deux à chaque extrémité, les reliant aux membres; l'une des lisses intermédiaires est étanche, et par suite ses cornières doivent être taillées à onglet, de manière à former cadre. Pour faciliter l'étanche, on interrompt quelquefois les cornières des membrures, de manière que les cornières longitudinales de la lisse viennent porter contre la tôle membrure. L'assemblage des membres et des intercostales est complété par l'attache du bordé, du vaigrage, et dans les parties où il n'y a pas de vaigrage, par une tôle étroite diminuée de largeur dans chaque maille. Les lisses non étanches sont formées, comme les couples, de tôles largement évidées en maille.

Le vaigrage est disposé comme sur les navires dont il a été parlé plus haut; il est assemblé à franc-bord, avec couvre-joints placés par-dessous; les cloisons sont bordées de cornières, et ne coupent pas le vaigrage.

Lisse tablette. Membrure sous cuirasse. — La hauteur de la lisse tablette est calculée de manière à former une console de largeur suffisante pour la cuirasse et son matelas; elle est reliée d'un côté au bordé extérieur, de l'autre au bordé sous cuirasse. Enfin les tôles membrures la débordent suffisamment pour se river sur le côté des membrures sous cuirasse prolongées.

Avec l'espacement de $1^m,20$ à $1^m,25$ des bâtiments construits dans le bracket-system, la membrure sous cuirasse serait insuffisante; on la double toujours par des membres intermédiaires (*pl.* 93, *fig.* 647), qui s'attachent à des tôles membrures, arrêtées à la dernière lisse placée au-dessous de la tablette; l'espacement est ainsi réduit à 60 centimètres. Ces membres descendent jusqu'à la lisse placée au-dessous de la tablette, afin d'appuyer fortement cette dernière contre l'effort vertical, qui résulterait pour elle du choc d'un projectile, qui frapperait à peu de distance du can inférieur du blindage. Ces membrures de renfort, en tout semblables aux membrures principales, sont inutiles sur les bâtiments à mailles réduites (Formidable, Hoche).

Sur le Warrior (*pl.* 93, *fig.* 648), la tablette est reliée au bordé sous cuirasse par deux cornières, au bordé extérieur par une seule, à la tôle membrure par un cadre épaulé. La membrure intérieure, formée d'une tôle armée de cornières, continue derrière la cuirasse.

On a cherché à éviter l'emploi des cornières pour la liaison de la lisse tablette et du bordé; on a laminé des tôles à profil spécial (*pl.* 93, *fig.* 649), que l'on façonnait ensuite de manière à former une énorme cornière (*pl.* 93, *fig.* 650), rivée à recouvrement avec le bordé, et tenue avec le bordé sous cuirasse par deux cornières longitudinales; les cornières de la tôle membrure complétaient l'assemblage. Cette disposition, qui exigeait des tôles d'une exécution difficile, et que le cintrage détériorait, entraînait en outre quelques difficultés à la rencontre des cloisons étanches, ce qui l'a fait abandonner.

Sur l'Hercules (*pl.* 93, *fig.* 651), la lisse tablette est fixée au bordé extérieur par une cornière, au bordé sous cuirasse par deux, à la tôle membrure par un cadre sans épaulement, avec cales interposées. La membrure sous cuirasse est formée par le prolongement de la cornière renversée de la membrure des fonds, qui reçoit de chaque côté une cornière plus petite, portant sur le bordé. Une disposition un peu plus compliquée a été adoptée sur le Captain (*pl.* 93, *fig.* 652).

Sur l'Invincible et les bâtiments du même type (*pl.* 94, *fig.* 653), on a voulu éviter la cloison longitudinale, qui est établie sur la plupart des cuirassés, pour arrêter l'envahissement de l'eau dans le cas de brèches à la flottaison; on a considérablement élargi la tôle membrure et la tablette, à laquelle la membrure sous cuirasse s'attache par un taquet supportant les baux du faux-pont. La tablette est reliée par des cornières longitudinales avec le bordé de carène et le vaigrage, et ferme ainsi le double fond à sa partie supérieure; elle est également réunie par une cornière au bordé sous cuirasse.

La membrure sous cuirasse des bâtiments construits en France est le plus souvent formée par des barres à double T en acier, et non par le prolongement des cornières de la membrure des fonds. Ces barres, ramenées par le rabotage à être planes sur un de leurs côtés, viennent se river sur le côté de la tôle membrure, avec un croisement convenable, du côté opposé à la cornière intérieure : la tôle membrure vient buter contre la tablette, et lui est fixée par une cornière, ainsi qu'au bordé extérieur et au bordé sous cuirasse.

La lisse tablette du Formidable (*pl.* 94, *fig.* 654) est disposée de cette manière ; elle se trouve à la hauteur du faux-pont, dont elle prolonge le bordé; elle est traversée par les membres en fer à double T, rabotés d'un côté, qui croisent la tôle membrure de 75 centimètres, et des emboutis en cornière font l'étanche. A leur partie supérieure, les membres sont ouverts, et reliés aux barrots du pont cuirassé, ouverts de la même manière, par une tôle rivée avec l'âme et un couvre-joint sur la panne intérieure; des entremises sont placées de membre en membre. Des dispositions analogues ont été adoptées pour l'Amiral-Duperré (*pl.* 84, *fig.* 614) ; seulement la tablette ne prolonge pas exactement le faux-pont, et les fers en U descendent jusqu'à la cinquième lisse.

Sur la Dévastation (*pl.* 83, *fig.* 611), une disposition différente a été adoptée; la lisse tablette se raccorde par un congé avec le plan intérieur du bordé sous cuirasse, et, après s'être retournée horizontalement, vient se river à la cornière qui longe le bordé extérieur. La barre à double T qui forme membrure est ouverte ; l'une de ses branches suit la tablette, se rive avec elle et la tôle membrure, et vient buter à onglet contre les cornières extérieures ; l'autre suit le contour intérieur de la tôle membrure, et joue le rôle de cornière intérieure jusqu'à la première lisse. Les cornières intérieures des couples étant discontinues, cette disposition ne réduit en rien la solidité de la membrure. Une disposition analogue a été appliquée aux canonnières type Achéron (*pl.* 95, *fig.* 655).

Œuvres légères. — On désigne sous ce nom toute la portion de la coque située au-dessus du pont cuirassé, dans les parties où la cuirasse des flancs ne s'élève pas pour former un réduit. Cette région, de formes très variables, est revêtue d'un bordé à franc-bord, soutenu par une membrure.

Quelquefois on rend cette membrure solidaire de la membrure sous cuirasse, afin de lui donner plus de solidtié, et de lui permettre de porter la grosse artillerie placée en tourelles dans les hauts. Ainsi sur l'Amiral-Duperré (*pl.* 84, *fig.* 614), les fers en U traversent le pont blindé, montent jusqu'au gaillard et sont rivés avec une tôle garnie d'une cornière, qui soutient le bordé, en continuant les formes au-dessus de la cuirasse des flancs. Au droit des tourelles, quelques-unes de ces tôles sont prolongées intérieurement, et forment des cloisons partielles; d'autres tôles, placées extérieurement, forment l'ossature des culs-de-lampe. Une disposition du même genre a été adoptée sur les cuirassés du type Duguesclin.

Souvent, au contraire, les tourelles sont établies indépendamment de la muraille extérieure, et reposent, par une charpente spéciale, sur le pont cuirassé fortement épontillé. Dans ce cas, la charpente des hauts peut être soutenue par une membrure légère, indépendante de celle des fonds, et formée le plus souvent de cornières simples à côtés inégaux. Sur le Formidable (*pl.* 95, *fig.* 656), cette membrure se compose de cornières de $175 \times 85 \times 10$, portant à leur pied un taquet triangulaire en tôle évidée, bordé sur deux côtés d'une cornière de 75×75. La cornière horizontale porte sur le blindage du pont, et est fixée par des prisonniers ; la branche verticale reçoit l'attache d'une vaigre bretonne en tôle, fixée sur le pont par une cornière longitudinale; enfin une cornière longitudinale, placée en abord sur le can supérieur du blindage, reçoit l'aboutissement de la virure inférieure du bordé ; une membrure sur deux ne reçoit pas de taquet. Cette disposition a sur la précédente l'avan-



tage de ne pas interrompre la cuirasse du pont; en revanche, elle a l'inconvénient de nécessiter que celle-ci soit en place, pour qu'on puisse commencer le montage définitif des œuvres mortes, qui jusque-là n'ont pu être que préparées et montées sur boulons.

Introduction partielle du bracket-system sur des bâtiments non cuirassés. — Les avantages que donne le bracket-system, double coque étanche, compartiment à lest d'eau dans les fonds, ont souvent conduit à l'associer dans l'œuvre vive à une membrure transversale formant la partie supérieure de la coque. Nous citerons comme exemples les coques des transports la Gironde et la Nive.

Dans ces navires (*pl.* 95, *fig.* 657-658), la quille est formée par une tôle centrale formant également carlingue, et recevant sur le côté deux barres massives. Cette tôle est continue et reçoit le pied de tous les couples, formés d'une cornière droite, d'une cornière renversée et d'une tôle varangue. Sur une ligne parallèle règne une carlingue continue, formée d'une tôle bordée de deux cornières la rattachant à la membrure, au bordé, au vaigrage. Enfin, plus en dehors, se trouvent deux files de carlingues intercostales étanches, sur lesquelles vient s'arrêter le vaigrage, qui part de la carlingue centrale. Le vaigrage est interrompu à chaque cloison étanche; il est formé de tôles assemblées à franc-bord. Le Magellan et le Calédonien (*pl.* 95, *fig.* 659-660) présentent des dispositions analogues : la carlingue centrale est seule continue; un vaigrage règne jusqu'au tournant de la varangue et s'arrête à des emboutis intercostaux.

Ces dispositions donnent aux fonds une grande résistance à l'écrasement, sans faire perdre plus de place que les membrures elles-mêmes; seulement l'entretien du double fond dans les parties latérales devient difficile, à cause de son peu de hauteur, et l'étanchéité des intercostales est presque impossible à obtenir.

Il vaut mieux, comme on le fait souvent aujourd'hui pour les navires de commerce à lest d'eau, arrêter le double fond dans une partie où la varangue est plus haute, et pour éviter les difficultés d'étanchéité, couper franchement la membrure; la coque se trouve ainsi fractionnée en deux parties, qui ne sont réunies que par le bordé et les taquets de jonction des membres.

CHAPITRE XXIX.

TRACÉ DES NAVIRES EN FER.

Le tracé des navires en fer offre quelques particularités, qui résultent principalement de l'impossibilité où l'on est de faire, après le montage, des retouches destinées à rectifier une forme irrégulièrement obtenue; une précision plus grande que pour les navires en bois est donc nécessaire. De plus, la plupart des matériaux ne sont pas puisés dans des approvisionnements existants, mais sont commandés à des usines métallurgiques, avec des dimensions superficielles aussi rapprochées que possible de celles qu'ils doivent avoir définitivement, afin d'éviter des déchets inutiles, ce qui nécessite un mesurage approximatif, sur le tracé, des tôles et barres profilées.

Tracé à la salle. — Le point de départ du tracé est généralement le dessin hors bordé et à petite échelle de l'auteur du plan. Le tracé à la salle doit être commencé hors membres; il suffira de retrancher sur les demi-ouvertures, mesurées sur les lisses, une fois et demie l'épaisseur du bordé, pour obtenir avec une erreur très faible, et même nulle dans la partie centrale, le tracé hors membres. Pour la plupart des bâtiments de guerre, l'usage est de placer les membres perpendiculaires à la flottaison en différence; l'horizontal devra donc être construit parallèle, et le vertical perpendiculaire à cette flottaison.

Le vertical étant tracé de cette manière, on y marque immédiatement, quand il s'agit d'un bâtiment à double coque, l'intersection des lisses longitudinales avec les couples, afin de s'assurer qu'elles ne rencontrent pas les lisses de construction, ce qui gênerait pour le travail de montage. Celles-ci ont d'ailleurs peu d'importance dans ce cas : les lisses longitudinales, une fois rivées aux membres, remplissent le même office.

Modèle. — On fait alors sur un modèle à échelle réduite le report des cans extérieurs des lisses; on trace sur ce modèle les cans des virures de recouvrement, que l'on distribue de manière que les joints ne viennent pas, autant que possible, croiser les lisses, et surtout les lisses étanches; on reporte ce tracé sur le plancher de la salle des gabarits. On figure également sur le modèle les cans des virures de recouvrement et de placage, auxquelles on donne des largeurs à peu près constantes dans l'œuvre morte; on étudie la diminution du nombre de virures aux extrémités, et on marque les pointes de celles qui sont arrêtées avant l'étrave et l'étambot. Ces tracés sont faits au moyen de petites lattes, tenues par des punaises ou par des bracelets en caoutchouc passés autour du modèle, ou au moyen de cordeaux, et il est bon, pour éviter des erreurs, de se servir de crayons de couleurs variées, pour indiquer les différentes épaisseurs des tôles.

Le modèle reçoit aussi l'indication de la distribution des écarts du bordé, de la double quille

et de ses cornières, des lisses; ces écarts doivent être décroisés, suivant les indications fournies par les plans. Pour les bâtiments à double coque, il est bon d'avoir un modèle analogue pour la surface intérieure. On peut alors procéder aux relevés nécessaires à la commande des tôles et cornières. En principe, on mesure toutes les longueurs en développement sur le modèle, et les largeurs, pour plus d'exactitude, sur le vertical de la salle des gabarits. On doit se réserver pour la largeur un excédant variant de 2 à 3 centimètres, suivant la courbure, et même davantage quand il s'agit de tôles travaillées à chaud, telles que celles qui couvrent le tube de l'hélice. Sur la longueur, on se réserve 3 centimètres d'excédant, et 15 centimètres pour les tôles des extrémités, sur lesquelles pourraient se reporter les insuffisances de longueur des tôles intermédiaires. Les longueurs des cornières des couples s'obtiennent facilement, en en développant quelques-uns de distance en distance, et en interpolant graphiquement pour obtenir les longueurs intermédiaires; un excédant de 4 ou 5 centimètres doit leur être donné dans la commande. Les poids des tôles sont calculés à raison d'une densité de 7,75 pour les tôles de fer, 7,80 pour celles d'acier doux; pour les fers profilés, on trouve les poids correspondant à leurs dimensions dans les albums des usines, et ils sont inscrits dans les marchés.

Double fond. — De la surface hors membres, on passe à la surface intérieure; la réduction de la hauteur du double fond aux extrémités et des membrures en dehors du double fond, et son mode de décroissance sont donnés dans le devis. La surface que l'on obtient doit être balancée comme la surface extérieure, au moyen de sections horizontales et longitudinales.

Il est utile de remarquer, si la hauteur du double fond doit être déduite de celle des lisses, que les lisses partent de la surface intérieure des virures de recouvrement et non du hors membres; si on la comptait à partir du hors membres, on augmenterait la hauteur du double fond de l'épaisseur du bordé.

Une fois la surface intérieure réglée, on fait la division du vaigrage à franc-bord, comme celle du bordé extérieur. On reporte l'une et l'autre sur des développements approximatifs, que l'on obtient assez facilement en appliquant une feuille de papier calque, partie par partie, sur le petit modèle. Ces dessins, sans dimensions exactes, servent utilement pour conduire le poinçonnage et la mise en place des tôles.

Gabarits de la quille. — Un dessin indique les écarts des différentes pièces de quille et de galbord, les trous des rivets à percer pour les couvre-joints, l'attache des membres étanches et évidés, des cornières de la carlingue centrale. Il faut y joindre des gabarits de la section transversale de la quille, que l'on obtient facilement à la salle, par des coupes faites normalement à la surface extérieure de la virure de recouvrement; trois gabarits par tôle, un à chaque écart, un autre au milieu, suffiront. Il importe que la quille puisse être mise en main dès son arrivée au chantier; elle est la base sur laquelle s'élèvera toute la construction.

Étrave. Étambot. — Le tracé donne le contour extérieur de l'étrave et de l'étambot; le contour intérieur ne peut être déterminé que concurremment avec l'agencement des couples voisins, guirlandes, cloisons longitudinales et horizontales, et avec l'aboutissement du bordé. On taille des gabarits plans, donnant les contours extérieurs projetés sur le longitudinal, ainsi que la projection des râblures et des autres lignes discontinues de la surface; on y marque à la peinture les épaisseurs et le tracé de sections faites en différents endroits, et spécialement à tous les points où il y a une discontinuité dans la forme extérieure, telle que la naissance d'une râblure. L'aboutissement des virures de quille, de galbord et du bordé y est indiqué, et il est nécessaire, quand l'étrave monte

jusqu'au can supérieur de la ceinture cuirassée, d'étudier spécialement les râblures de cuirasse et de matelas.

On doit étudier de même l'étambot, et particulièrement le renflement, nécessité par la sortie de l'arbre porte-hélice. Les écarts des différentes pièces doivent être marqués, et les gabarits décomposés, de manière qu'il y en ait un pour chaque pièce.

Sous cuirasse, la surface de la membrure est déterminée en partant de la surface hors cuirasse, et en portant normalement la somme variable des épaisseurs du blindage, du matelas et du double bordé. Quand il y a un réduit central avec sabords d'angle, les œuvres mortes subissent, en dehors du réduit, un retrait, qui donne au navire une surface discontinue; ces dispositions, variables d'un navire à l'autre, ne sont sujettes à aucune règle générale. Le tracé du pont lui-même subit souvent un ressaut, destiné à donner aux pièces du réduit un commandement suffisant, tout en maintenant les barrots des extrémités à la hauteur du can supérieur de la cuirasse.

Équerrages. — Les équerrages sont toujours pris suivant la méthode de l'équerrage normal; chaque cornière d'une membrure tronçonnée doit être définie par trois équerrages au moins; pour une cornière continue, des équerrages répartis à une distance moyenne d'un mètre seront suffisants. On les relève généralement aux livets, aux lisses et aux cans des virures du bordé. Les cornières sont disposées de manière à être équerrées en gras, c'est-à-dire ouvertes, afin de faciliter le rivetage du bordé, et l'angle que l'on mesure est l'angle aigu supplémentaire. Quand on veut relever rapidement les équerrages, on peut se servir d'un instrument (*pl.* 96, *fig.* 661), qui permet de les marquer directement sur la planchette. Pour cela, après avoir tracé, au point où on veut mesurer l'équerrage, la normale au contour du couple, on vient placer suivant cette normale le côté MN de la base de l'instrument, le point B coïncidant avec le point du couple. Sur la base MN s'élève un bras, dont l'axe BT lui est perpendiculaire, et qu'un chapeau BD rend normal au plancher de la salle; le bras oblique *b* maintient la forme de cette sorte d'équerre à chapeau. Dans le bras BT est fixé un boulon, à une distance AB égale à l'espacement des couples; une pièce mobile CR coulisse sur ce boulon, et, le point C étant amené au point d'intersection de la normale et du couple suivant, on voit qu'on construit en vraie grandeur l'angle ACB, supplément cherché de l'équerrage, et il suffit de tracer la ligne *pq*, pour avoir en *apq* l'angle cherché.

Cette méthode est très suffisamment exacte, quand on est dans la partie centrale, ou quand les couples sont rapprochés. Dans le cas contraire il y a une différence entre les équerrages pris sur l'avant ou sur l'arrière, et il faudrait prendre la moyenne des deux.

Il est plus exact, dans ce cas, d'opérer de la manière suivante. Soient C et C′ (*pl.* 96, *fig.* 662), les projections d'un couple, et L le rabattement de la lisse, L′ son intersection avec le plan du couple; soient m et m' les projections du point, pour lequel on cherche l'équerrage ($mp = m'L'$). Traçons sur l'horizontal une droite rs, à une distance de pm égale à la largeur de la panne de la cornière. Le point s, intersection de la lisse et du plan auxiliaire rs, se projettera verticalement en s', $m's'$ étant pris égal à mq. Si du point s' on abaisse une normale $s't'$ sur le contour du couple, on obtiendra la base du triangle rectangle contenant l'équerrage, dont la hauteur est égale à pr. Sur une planchette d'équerrage (*pl.* 96, *fig.* 663), on tracera MN parallèle à l'arête AB et à une distance égale à pr; puis portant $LJ = t's'$ on aura en JKB l'équerrage cherché.

En résumé, on construit sur le vertical le point de la lisse, qui appartient à la seconde arête de la cornière, on mène par ce point un plan normal au couple, et on construit sur la planchette d'équerrage le triangle formé par ce point, par sa projection sur le plan du couple, et par le point d'intersection du couple et du plan normal.



On peut encore construire sur le vertical le contour de la seconde arête de tous les couples, et relever les équerrages à la manière ordinaire.

Suivant les lisses longitudinales, les équerrages des cornières extérieures sont à peu près nuls dans la partie centrale, un peu plus prononcés aux extrémités, et sont plus forts pour la cornière intérieure, la trace des lisses sur le plan de gabariage des couples étant généralement normale à leur contour extérieur. Quand on monte les couples avant de mettre en place les cornières des lisses, on peut relever les équerrages de ces dernières directement à bord, et les travailler d'après ce relevé. Quand on veut monter les lisses avant les couples ou en même temps qu'eux, il faut faire le relevé des équerrages sur une charpente en gabarits, semblable à celle dont il sera parlé plus loin, pour le travail des tôles des lisses.

Dans le système transversal, les équerrages des cornières renversées sont, sauf dans la partie de la varangue, où la cornière renversée est peu équerrée, égaux à ceux de la cornière droite. Quand les deux cornières sont placées du même côté d'une âme en tôle, ce qui arrive quelquefois, les deux équerrages sont supplémentaires.

Barrots. — La courbure des barrots est obtenue par le même tracé que pour les barrots en bois, ou par un tracé d'arc de cercle. A leurs extrémités, ils sont ouverts, ou munis de pièces additionnelles, pour obtenir des crosses, dont l'ensemble doit former une surface régulière. Les aboutissements inférieurs *a* du contour des crosses (*pl.* 96, *fig.* 664) sont généralement sur une courbe parallèle au livet, que l'on peut relever un peu aux extrémités, l'attache des barrots n'ayant plus besoin de la même vigueur. Le point de départ *b* de la courbure peut être fixé d'une manière analogue; quant aux points intermédiaires, on les obtiendra en faisant deux ou trois sections horizontales dans la surface engendrée par les crosses des barrots, ou en les coupant par des cylindres à axe vertical, dont les génératrices passent à des distances constantes *bt*, *br*, du point *b*, et en développant l'intersection ; les crosses des barrots étant très exposées à la vue, ce tracé doit être fait avec soin. Les barrots sont commandés avec leur bouge, et avec assez de longueur, pour qu'on puisse y trouver le développement *ab* des crosses, et un léger excédant. Pour parer aux malfaçons, il est bon de commander deux ou trois barres supplémentaires; d'ailleurs les barrots, dont les crosses sont manquées à la forge, peuvent souvent être utilisés après recoupe dans les extrémités du bâtiment.

Lisses. — La surface d'une lisse est disposée de façon que ses intersections avec les plans de gabariage soient rectilignes et normales au contour des couples; c'est donc une surface réglée, qui n'est pas normale au bordé, et qui n'est pas exactement développable. Il importe cependant d'avoir des procédés approximatifs, pour déterminer les dimensions de la feuille de tôle nécessaire pour confectionner une portion déterminée d'une lisse.

Dans les parties centrales peu façonnées, on peut employer un procédé géométrique analogue au brochetage des bordages en bois. Ayant tracé ABCD... (*pl.* 96, *fig.* 665), can extérieur de la lisse, et porté sur les normales *a*A*o*, *b*B*n*, *c*C*m*..., les largeurs AA', BB', CC'... de la lisse, prises dans le plan des couples, on obtiendra la ligne A'B'C'..., can intérieur de la lisse.

Traçons deux droites *xy*, XY, perpendiculaires à l'intersection moyenne *dl*, et comprenant entre elles la partie de la lisse que l'on a en vue, puis entre deux lignes $x_2 y_2$, $X_2 Y_2$ (*pl.* 96, *fig.* 666), tracées à la même distance, menons des perpendiculaires distantes de l'écartement des couples. Portons les longueurs Y*h*, Y*i*, Y*k*..., sur les droites correspondantes de la seconde figure; nous obtenons ainsi la courbe $X_1 p Y_1$, intersection du plan XY avec la lisse; une latte est placée sur le

contour, et en la redressant et plaçant son point p en l_1, on obtient les points $h_2 i_2 k_2 m_2 n_2 o_2$ du développement de cette intersection.

Une opération semblable est faite pour le plan xy; on obtient l'intersection $x_1 p y_1$, que l'on développe de la même manière, et qui donne les points $a_2 b_2 c_2 e_2 f_2 g_2$. En joignant $a_2 o_2$, $b_2 n_2$, $c_2 m_2$..., on obtient, sur le développement de la surface de la lisse, ses intersections avec les couples. Il suffira de porter sur chacune d'elles les distances $a_2 A_1 = aA$, $b_2 B_1 = bB$, pour avoir le développement $A_1 B_1 C_1$... de son can extérieur. On opérera de la même manière pour le can intérieur $A'_1 B'_1 C'_1$..., et on aura ainsi la surface cherchée.

Aux extrémités la courbure brusque de la surface ne donnerait pas à cette méthode une rigueur suffisante. Il vaut mieux alors construire un gabarit de la lisse, que l'on obtient facilement de la manière suivante.

BDF... étant le can extérieur projeté sur le vertical (*pl.* 97, *fig.* 667), on mène les intersections AB, CD, EF, de la lisse et des couples. On établit un plan XY horizontal ou incliné, et voisin de la direction moyenne de la lisse, et on construit les gabarits, en forme de trapèze, de la partie des couples comprise entre leurs intersections avec le plan auxiliaire et celui de la lisse. On vient ensuite les placer sur l'horizontal (*pl.* 97, *fig.* 668), de manière à faire coïncider les cans de la lisse avec leurs projections, si le plan auxiliaire a été pris horizontal. Si le plan est oblique, on rabat son intersection avec la surface hors membres, et avec elle les points $B_1 D_1 F_1$..., qui appartiennent à la base des gabarits, que l'on fait coïncider avec son rabattement. Il ne reste plus qu'à faire passer des lattes par le can extérieur, porter normalement au contour l'échantillon variable de la lisse, réunir les points ainsi obtenus par une seconde latte, et construire un gabarit donnant ce double contour.

Les gabarits auxiliaires des couples peuvent servir un bon nombre de fois, si on a soin de ne pas les clouer à demeure, et de ne les fixer que par quelques pointes peu enfoncées.

CHAPITRE XXX.

RIVETAGE.

L'assemblage des divers éléments, qui constituent une coque en fer, se fait au moyen de rivets, c'est-à-dire de cylindres en fer, munis de deux têtes, dont l'une est façonnée à l'avance, et l'autre formée pendant la mise en place du rivet, chauffé au rouge. Les pièces réunies par des rivets étant le plus souvent disposées de manière à glisser l'une sur l'autre, la tenue du rivetage dépend à la fois de la résistance au cisaillement des rivets, et du frottement que la pression des têtes développe entre les surfaces de contact; en outre, ce contact exact, que l'on doit établir à l'avance, et que le rivetage ne fait que maintenir, permet, à l'aide du matage, d'assurer d'une manière durable l'étanchéité des pièces, bordé extérieur, vaigrage, cloisons étanches, qui doivent former des capacités impénétrables à l'eau.

La tension d'un rivet mis en place au rouge peut être évaluée à 15 kilogrammes par millimètre carré, et le frottement qui en résulte à 10 kilogrammes. Des expériences ont même indiqué un frottement plus considérable encore ; mais si la tension du rivet dépasse la limite d'élasticité, on ne peut pas compter sur sa permanence.

Les questions relatives au rivetage sont de deux ordres : nous étudierons d'abord la forme du rivet pris isolément, ses dimensions, sa mise en place; puis nous examinerons le nombre et la position à assigner aux rivets, pour assurer aux assemblages la résistance nécessaire, ou la plus grande possible.

Forme des rivets. — Suivant l'emplacement que les rivets occupent dans le navire, on donne à leur tête la forme bombée ou plate.

Pour les rivets à *tête bombée* ou à *goutte de suif* (*pl.* 96, *fig.* 669), on peut employer les proportions suivantes :

B. $= 1,70\ D$
H. $= \frac{2}{3}\ D$

Pour les rivets à *tête plate* (*pl.* 96, *fig.* 670), on prendra :

B. $= 1,70\ D$
H. $= \frac{2}{3}\ D$
C. $= \frac{3}{2}\ D$

Le plus souvent, aujourd'hui, on emploie dans les arsenaux des rivets dont le fût est fraisé,

et dont la tête est plate (*pl.* 96, *fig.* 671), ou bombée (*pl.* 96, *fig.* 672). Les premiers ont l'avantage d'avoir encore une tenue suffisante, même après que l'usure ou un choc les a décapités ; les seconds ne débordent pas sur le trou percé dans la tôle, et peuvent, par suite, être mis dans des angles, où la tête plate ne pourrait trouver place.

Les proportions suivies pour ces rivets sont les suivantes :

		Tôles de fer.	Tôles d'acier.
Rivets fraisés à tête plate H	=	$\frac{D}{2}$	$\frac{D}{2}$
— — H'	=	$\frac{2}{3}D$	$\frac{D}{2}$
— — A	=	$D+\frac{D}{4}$	$D+\frac{D}{4}$
— — B	=	$D+\frac{2}{3}D$	$D+\frac{2}{3}D$
— — C	=	$D+\frac{D}{2}$	$D+\frac{D}{2}$
Pente de la fraisure $\frac{A-D}{2H'}$	=	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{4}$

Rivets fraisés à tête bombée H	=	$\frac{D}{5}$
— — H'	=	$\frac{D}{2}$
— — A	=	$D+\frac{D}{4}$
Pente de la fraisure $\frac{A-D}{2H'}$	=	$\frac{1}{4}$

On emploie quelquefois aussi des rivets fraisés, mais à tête non bombée, dont la fraisure a les mêmes proportions.

Les rivets sont tantôt reçus tout confectionnés, tantôt, ce qui est préférable, vu la grande variété de dimensions dont il faudrait s'approvisionner, fabriqués dans les arsenaux au moyen de machines ; le rivet est découpé dans une barre de fer rond, et la tête est refoulée mécaniquement par une matrice, mue soit par un excentrique, soit par une vis actionnée par un balancier. Les fers à rivets doivent par suite être laminés avec un calibrage très exact ; la matière doit être résistante, et, quand il s'agit de rivures étanches, susceptible d'un allongement modéré ; aussi emploie-t-on de préférence des fers à petit grain, avec un léger mélange de nerf. Les fers à nerf sont généralement plus poreux, moins bien soudés au centre, s'allongent plus, peuvent par suite donner lieu à des fuites ; ils sont plus tendres, et par suite plus faciles à river.

La forme de la rivure est variée, comme celle de la tête ; quand la surface doit être lisse, comme pour le bordé et le vaigrage, on emploie une rivure plate ou très légèrement bombée ; quand on en a la place, on emploie une rivure en goutte de suif, et, si le rivet est trop gros, une rivure à pointe de diamant, plus facile à rabattre. On pratique la fraisure du côté de la rivure, comme du côté de la tête, et pour les mêmes raisons.

Exécution de la rivure. — L'exécution de la rivure peut se faire à la main, ou mécaniquement. Le rivetage du bordé est toujours exécuté au marteau ; le rivet est présenté par l'intérieur dans un des trous percés dans les tôles ; si les trous des deux tôles ne présentent pas une exacte coïncidence, il est indispensable de les raccorder, soit en enfonçant une broche conique, qui

force les trous, soit, ce qui vaut mieux, surtout pour l'acier, en les agrandissant au moyen d'un équarrissoir à quatre pans, à arêtes coupantes, qui enlève de la matière sans la désagréger, ou d'une lime ronde, dite *queue de rat*. Quelque soin que l'on prenne dans l'appareillage des tôles, ces irrégularités se présentent souvent; quelquefois même elles sont assez fortes pour nécessiter un travail au bédane et à la gouge, régularisé à la lime; la broche conique, chassée ensuite avec modération, rabat les aspérités. Quand on veut que les tôles portent très exactement l'une sur l'autre, il est bon, avant le montage, d'enlever avec une queue de rat les légères bavures, qui se présentent du côté de la face de contact. Les tôles à réunir doivent toujours être accostées avant la pose des rivets, car si elles ne se touchaient pas, les rivets travailleraient mal, par flexion et non par cisaillement; en outre, les vibrations, communiquées par le rivetage des parties voisines, pourraient faire rompre les rivets déjà posés. On emploie, pour l'accostage, des boulons de montage, placés de distance en distance dans des trous de rivets, et souqués à refus; on frappe en outre les tôles au marteau, pour les faire bien porter, et même, si l'écart est un peu fort, on peut les chauffer localement avec des charbons installés au contact en forge volante, sur une tôle percée de trous.

Les rivets sont chauffés soit à proximité dans une forge portative, soit à quelque distance dans des fours fixes, et, dans ce cas, pour éviter le refroidissement, transportés sur des coupelles courant sur des conducteurs en fil de fer, ou lancés dans des tubes en tôle, dirigés vers la partie à river. Ils doivent être chauffés au rouge clair, et on doit avoir au feu quelques rivets un peu forts, destinés aux trous agrandis. L'équipe chargée du rivetage se compose d'un homme ou d'un apprenti, pour chauffer et transporter les rivets, de deux riveurs et d'un teneur d'abatage.

Le rivet est saisi à son arrivée par le teneur d'abatage avec une tenaille, engagé dans le trou et appuyé avec l'abatage; cet outil (*pl.* 97, *fig.* 673) est formé d'une masse pesante, creusée suivant la forme de la tête, et munie d'un manche ou levier, qui passe dans un boulon à crochet fixé dans un trou voisin. En appuyant sur le manche, le teneur d'abatage contretient vigoureusement le rivet pendant le travail, et l'empêche de ressortir sous le choc du marteau.

Le long des surfaces verticales, on peut aussi employer un abatage formé d'un cylindre de fer pesant, mais sans manche (*pl.* 97, *fig.* 674), suspendu au bout d'une corde; la masse de l'abatage, appuyé directement par l'ouvrier, suffit à éteindre la force vive du coup de marteau. Aussitôt que l'abatage est placé, les deux riveurs frappent alternativement sur la partie du rivet qui dépasse la tôle, refoulent la matière dans la fraisure, quand il y en a une, la rabattent sur les côtés, quand ils doivent former une tête saillante. Ils se servent pour cela de marteaux de $2^{kg},500$, et frappent de temps à autre tout autour du rivet, pour maintenir l'accostage des tôles, et empêcher que le rivet ne les sépare, en formant bavure. La fin de l'opération se fait au moyen de marteaux plus légers, maniés à petits coups très multipliés, destinés surtout à parer la tête et à l'écrouir. Aucune correction ne doit être faite à froid; aussi, quand le rivet est trop long, ce qui est le cas général pour les rivets fraisés, dès que la fraisure est remplie, l'un des riveurs coupe à la tranche sur le rivet encore chaud l'excédant de fer inutile, et continue immédiatement le travail.

Pendant ce temps, un autre rivet a été chauffé; l'opération nouvelle peut être commencée, dès que l'abatage a été déplacé, et que le boulon de serrage a été fixé à sa nouvelle position, dont le changement d'ailleurs n'a lieu que tous les trois ou quatre rivets.

Rivetage à la bouterolle. — Quand les rivets doivent avoir une tête saillante, on se contente souvent de les façonner grossièrement au marteau, puis on vient appliquer sur la tête une étampe en acier, creusée suivant la forme de la rivure, que l'on frappe à grands coups de marteau à devant; le serrage des pièces à réunir est dans ce cas beaucoup plus énergique. Le rivetage à la

bouterolle est peu employé sur les chantiers ; il ne peut convenir ni aux bordés, ni aux tôles gouttières, mais seulement aux membres et aux barrots ; il est préférable de river mécaniquement ces pièces à l'atelier, quand leur dimension permet de les transporter au chantier toutes rivées, ou sur le chantier même, que l'on munit des machines nécessaires.

Rivetage mécanique. — Dans le rivetage mécanique, la rivure est formée par pression, à l'aide d'une bouterolle, rapprochée avec une grande énergie d'une matrice, qui reçoit la tête du rivet, et en épouse la forme. Ce rapprochement, résultat d'une pression et non d'un choc, peut être obtenu au moyen d'un excentrique, agissant sur la bouterolle comme sur le poinçon d'une machine à poinçonner ; il peut être produit par la pression de la vapeur ou de l'eau comprimée, sur un piston, dont la tige porte la bouterolle, et c'est ce dernier agent, l'eau comprimée à 100 atmosphères, qui est aujourd'hui le plus fréquemment employé. On peut admettre une pression minima de 130 kilogrammes par millimètre carré du rivet.

Des installations sont souvent combinées, pour river sur la cale même les membres ou les barrots, que leurs dimensions ne permettraient pas de river à l'atelier. Les machines fixes, composées d'un bâti rigide, en forme de mâchoire, portant d'un côté la matrice, de l'autre la bouterolle, ne se prêtent pas au rivetage des surfaces courbes, pour lesquelles on a imaginé de petites machines portatives, dont l'outil peut se présenter dans différentes directions, suivant les formes des pièces à réunir. Avec le rivetage mécanique, il convient d'employer des têtes bombées, plus faciles à faire porter carrément contre la matrice que les têtes plates.

Ce mode de rivetage ne permet pas l'exécution de rivures plates et fraisées ; pour celles-ci, on a imaginé des machines portatives, sortes de petits marteaux-pilons, actionnés par l'air comprimé, et frappant à petits coups sur la tête à façonner. Ils ne sont pas en usage dans les arsenaux.

Le rivetage mécanique est très rapide : pour des pièces simples, et exigeant peu de manœuvrages, on peut placer de 500 à 1000 rivets par journée de 10 heures, tandis qu'une équipe de riveurs, rivant à terre des baux, met par jour de 80 à 200 rivets suivant la dimension, et, à bord, de 60 à 150 seulement. Le serrage des pièces est très énergique ; le seul inconvénient est qu'il arrive assez souvent que les têtes sont excentrées.

Longueur des rivets. — La longueur des rivets doit être calculée, autant que possible, de manière qu'il n'y ait ni insuffisance de matière, ni, ce qui est moins gênant, d'excédant à enlever ; la variation du diamètre des trous, résultat des corrections indiquées plus haut, rend cette précision bien difficile à obtenir.

Le port de Lorient a adopté la règle suivante, en appelant l la longueur du rivet, d son diamètre, h la somme des épaisseurs à réunir :

$$l = h + \tfrac{1}{8} h + \tfrac{3}{2} d \text{ pour les rivets bombés,}$$
$$l = h + \tfrac{1}{8} h + \tfrac{1}{4} d \text{ pour les rivets fraisés.}$$

En Angleterre, on emploie les proportions suivantes :

$$l = h + 1{,}25\, d \text{ pour les rivets bombés,}$$
$$l = h + 1{,}50\, d \text{ pour les rivets à pointe de diamant,}$$
$$l = h + d \text{ pour les rivets fraisés.}$$

On préfère souvent laisser à tous les rivets un léger excès de longueur, et les couper à

chaud, dès que la forme de la tête est suffisamment dégrossie. Pour les rivets de carène, un manque de matière, donnant à la rivure une forme concave, est un motif absolu de rebut.

Rivets de quille. — Les rivets de grande longueur, qui traversent des pièces massives, telles que la quille, l'étrave et l'étambot, subiraient, si on les mettait en place chauffés sur toute la longueur comme les autres, un retrait excessif, et les tensions intérieures, qui en résulteraient, compromettraient leur solidité; aussi opère-t-on de la manière suivante.

On prépare des morceaux de fer de longueur convenable, dont on chauffe une des extrémités sur une longueur modérée, et, en les introduisant à travers la quille et les galbords, on martelle le bout chauffé, de manière à lui donner la forme de la fraisure de la tête; en même temps on contretient l'autre extrémité avec un abatage. Une fois la tête ainsi exactement moulée sur la fraisure, on chauffe l'autre extrémité; on vient replacer le rivet dans son logement, et on rive définitivement la seconde tête. En chauffant sur une longueur suffisante, on obtient un serrage convenable des galbords, sans cependant avoir à redouter que le refroidissement ne fasse casser les rivets. Les rivets de quille ont la tête légèrement bombée; leur pourtour doit être maté avec soin.

Perçage des trous. — Les trous très nombreux, qui reçoivent les rivets, sont débouchés soit au poinçon, soit au foret; ce dernier procédé, plus coûteux, n'est employé que quand le perçage au poinçon nuirait à la solidité de l'assemblage, ou quand la forme ou la position de la pièce à percer, déjà façonnée, ou mise en place, n'en permet pas l'emploi.

Nous ne décrirons pas ici les très nombreux systèmes de poinçonneuses; dans presque toutes (*pl.* 97, *fig.* 675-676) le poinçon, cylindre en acier du diamètre du trou à percer, est conduit par un excentrique, qui ne l'entraîne que quand, la pièce à poinçonner étant mise en position exacte, le conducteur de la machine le met en prise, au moyen d'une cale de dimension convenable. Le poinçon prend à ce moment un mouvement alternatif, poinçonne en descendant, et se dégage en remontant. Le bâti, sur lequel repose la pièce à percer, porte une matrice, au travers de laquelle tombent les débouchures du poinçon; nous parlerons tout à l'heure de ses dimensions.

Il existe des poinçonneuses portatives, dans lesquelles le mouvement est donné soit au moyen d'une double vis (*pl.* 97, *fig.* 677), soit à l'aide d'un vérin hydraulique (*pl.* 97, *fig.* 678), soit enfin à l'aide de deux grands leviers (*pl.* 97, *fig.* 679); ces organes prennent appui sur le bâti, et font descendre et monter le poinçon.

Poinçon. — Le poinçon est un cylindre du diamètre du trou; il peut être plat (*pl.* 97, *fig.* 680), ou à téton (*pl.* 97, *fig.* 681); celui-ci, plus coûteux d'ajustage, se centre plus exactement sur le coup de pointeau, qui repère le trou du rivet (*pl.* 97, *fig.* 682); il est par suite plus exact. Quand on emploie le poinçon plat, il faut se guider sur le cercle décrit avec le diamètre du rivet, et marqué généralement à la peinture.

Le poinçon serait soumis à un effort de compression trop considérable, et romprait très souvent, si on n'avait soin de donner à la matrice un diamètre légèrement supérieur; une différence d'un demi-millimètre jusqu'à 6 millimètres, de 1 millimètre de 8 à 20, de 2 et 3 millimètres pour les rivets plus gros suffit. Il en résulte que le trou poinçonné, cylindrique sur 4 à 5 millimètres du côté de l'attaque du poinçon (*pl.* 98, *fig.* 683), devient conique au delà, et se termine au diamètre de la matrice; on profite de cette circonstance, en poinçonnant toujours par la face de contact, pour rapprocher les petites bases des deux cônes (*pl.* 98, *fig.* 684), et former une double fraisure, que le rivet remplit facilement; de plus on rejette vers l'extérieur les bavures, qui se font toujours du côté

de la matrice, et qui empêcheraient le contact. Si le rivet vient à être décapité, il a encore une certaine tenue par suite de la fraisure, et ne fait pas voie d'eau.

Il est préférable, pour avoir une meilleure tenue, d'employer les rivets fraisés, dont nous avons parlé plus haut, et d'augmenter l'ouverture du cône, en exagérant cette différence de diamètre. Ce procédé ne peut être employé que sur des tôles ayant déjà une certaine épaisseur, 8 à 10 millimètres, sans quoi la hauteur de la partie cylindrique serait insuffisante, et le rivet, agissant comme un coin, ferait éclater la tôle. Une différence égale au quart du diamètre du poinçon, augmenté de 1 millimètre, conviendra généralement; si la différence était par trop grande, la tôle s'emboutirait autour du trou.

Quand les tôles sont minces, ou quand on veut plus de netteté, quand enfin la qualité de la matière l'exige, on fait le fraisage au moyen d'un outil tournant à deux tranchants (*pl.* 98, *fig.* 685); on donne à la fraisure comme hauteur la moitié du diamètre du trou, et comme pente $\frac{1}{4}$.

L'emploi du poinçon ne peut avoir lieu, quand des circonstances spéciales conduisent à employer des rivets très petits, relativement à l'épaisseur de la tôle. Soit d le diamètre du trou, e l'épaisseur de la tôle, R_t sa résistance au poinçonnage; la résistance que rencontrera le poinçon sera:

$$\pi . d . e . R_t .$$

L'effort d'écrasement par unité de surface sera:

$$\frac{\pi . d . e . R_t}{\pi \frac{d^2}{4}},$$

et devra être inférieur à la charge d'écrasement par unité de surface R_p, qu'on peut admettre avec sécurité pour l'acier; on devra donc avoir:

$$\frac{4e}{d} R_t \leq R_p$$

$$\frac{d}{e} \geq 4 \frac{R_t}{R_p}.$$

R_t étant égal au maximum à 30 kilogrammes environ, et R_p à 120 kilogrammes, il faudra qu'on ait:

$$\frac{d}{e} \geq 1.$$

On ne dépasse pas en pratique la limite $\frac{d}{e} = 1,1$.

Avec la dimension ordinaire des rivets, ce rapport ne se rencontre que pour les tôles de 30 millimètres et au-dessus, qui doivent toujours être percées au foret, mais dont heureusement l'emploi n'est pas très fréquent.

Inconvénient du poinçonnage.— Le poinçonnage a l'inconvénient de fatiguer la matière tout autour des trous, et de créer une zone qui a dépassé la limite d'élasticité, et ne peut par suite s'allonger comme le reste de la tôle. La réduction de résistance qui en résulte, variable d'ailleurs avec l'écartement des rivets, est évaluée par M. Barba à 12 0/0 de la résistance primitive de la tôle, déduction faite des trous, et par Sir Edward Reed à 19 0/0. Si l'on admet comme chiffre moyen 16 0/0, comme on peut estimer à 4 0/0 environ la supériorité de tenue des rivets dans des

trous poinçonnés, par suite de la rugosité de leurs parois, le joint sera encore de 12 0/0 environ inférieur à ce que donnerait le perçage au foret. Cette infériorité n'empêche pas qu'on ne continue à employer le poinçon aussi fréquemment que possible, et qu'on ne réserve le foret, plus coûteux et plus lent, pour les cas où il n'est pas possible d'employer le poinçon.

La réduction de résistance, beaucoup plus sensible pour la tôle d'acier, a fait renoncer pour elle au poinçonnage au diamètre définitif; il faut toujours se réserver une zone de $1^{mm},5$ à 2 millimètres à enlever au foret, et par suite poinçonner à un diamètre inférieur.

Perçage au foret. — Le perçage complet des tôles peut aussi être exécuté au foret, et nous verrons à propos de l'emploi de l'acier, qu'on est souvent obligé d'avoir recours à ce mode de travail. On emploie pour l'exécuter des mèches à *téton* (*pl.* 98, *fig.* 686), ou à *langue d'aspic* (*pl.* 98, *fig.* 687); ces dernières, moins précises comme centrage, mais d'une exécution et d'un affûtage plus faciles, sont plus généralement employées; on se sert aussi beaucoup depuis quelques années de forets héliçoïdaux, dits *américains* (*pl.* 98, *fig.* 688), dont l'affûtage mécanique est facile, mais qui ont l'inconvénient de ne pouvoir donner qu'un trou exactement cylindrique, et d'exiger le montage d'un second outil, pour exécuter la fraisure. Les forets à langue d'aspic peuvent, au contraire, être munis à leur partie supérieure d'un taillant incliné, qui exécute la fraisure, dès que le trou est défoncé.

Pour le fer, le perçage au foret n'est guère employé qu'à bord, pour des trous qu'on n'a pu percer à l'atelier. Dans ce cas, le foret, mû à bras, est actionné par une clef à rochet (*pl.* 98, *fig.* 689), montée sur un fût sur lequel il est emmanché; ce fût est soutenu par un fer en Z, fixé par un boulon qui traverse un trou voisin, ou maintenu par un arc-boutant. Certains trous, par exemple ceux des boulons qui relient la cuirasse du pont au bordé en tôle, des prisonniers de fixation des supports d'arbre, les trous du rivetage des cuirasses de pont en plusieurs épaisseurs, etc., ne sont débouchés qu'après la mise en place des pièces à fixer; on emploie avantageusement dans ce cas le perçage mécanique au moyen d'arbres flexibles (*pl.* 98, *fig.* 690), commandés par des cordes, qui les relient à un arbre moteur commun, placé le long du navire et actionné par une locomobile. Les trous sont percés avec le flexible en deux fois moins de temps environ qu'à la main, et le grand nombre de ces trous justifie largement la dépense d'une installation de ce genre sur un grand bâtiment. Une transmission électrique est également employée pour ce genre de travaux; elle est particulièrement commode pour le perçage dans des compartiments très resserrés, tels que ceux situés sur les flancs, à hauteur de la ceinture de cuirasse.

Il semble résulter des expériences faites jusqu'ici sur la résistance des joints, que les rivets résistent mieux dans des trous poinçonnés, que dans des trous forés. Il est assez naturel que la surface rugueuse, que donne le poinçonnage, s'unisse plus intimement au rivet, et produise un frottement énergique, qui l'empêche de s'arracher; de plus les arêtes vives, que donne le foret, cisaillent plus facilement le rivet dans le voisinage de la tête. Ces raisons viennent s'ajouter à celles de l'économie, pour conseiller l'emploi aussi général que possible du poinçonnage.

Diamètre du rivet et du trou. — Les rivets chauffés au rouge se dilatent, et ne pourraient être mis en place, s'ils n'étaient, avant rivetage, d'un diamètre légèrement inférieur à leur diamètre définitif, qui, dans ce qui suivra, servira de base à tous les calculs. Pour les rivets au-dessous de 10 millimètres, on ne réduit pas le diamètre; pour ceux au-dessus de 10, une différence d'un millimètre est suffisante.

Matage. — Beaucoup de joints, bordé extérieur, cloisons transversales et longitudinales,

lisses et couples étanches ne doivent pas laisser passer l'eau; on arrive à ce résultat par l'opération du matage.

Le rivetage à la main ne met pas les tôles suffisamment en contact pour que le joint soit étanche; le rivetage avec les machines hydrauliques rapproche beaucoup plus énergiquement les objets à réunir, et permettrait, selon l'opinion de certains ingénieurs, de s'abstenir de toute autre précaution.

Quand les pièces sont assemblées à franc-bord (*pl.* 98, *fig.* 691), on se sert d'un matoir double, dont les deux arêtes bien saillantes creusent, de chaque côté de la couture, un sillon, et ramènent de la matière sur la ligne de joint; puis, avec un matoir plat, on refoule la matière saillante, qui comble le vide, s'il en existe entre les pièces; il importe dans ce cas qu'elles soient exactement rabotées et ajustées l'une sur l'autre.

Quand les pièces sont assemblées à recouvrement (*pl.* 98, *fig.* 692), celle qui doit être matée est chanfreinée soit normalement, soit avec une légère obliquité, à la machine à raboter, ou, si les formes sont compliquées, sur place, au burin. Un matoir à pan coupé fait un sillon à 2 ou 3 millimètres au-dessus du joint, et ramène de la matière, qui est ensuite refoulée avec un matoir plat dans le joint. Le matage ne peut être employé pour les tôles minces du bordé des embarcations ou des bateaux très légers; il ferait céder la tôle entre les rivets. On fait le joint, dans ce cas, en interposant entre les tôles une bande de papier à doublage, préalablement enduite de peinture épaisse.

Le matage des cornières se fait de la même manière que celui des tôles; il offre quelquefois des difficultés, quand, leur épaisseur dépassant la dimension normale, pour laquelle sont tracés les cylindres du laminoir, il se forme des troncatures sur les bords des ailes (*pl.* 98, *fig.* 693); il faut, dans ce cas, au prix d'un supplément de travail coûteux, chanfreiner la cornière suivant un plan *ab*, sur lequel puisse se faire le matage.

Le matage doit toujours être exécuté par l'extérieur, pour le bordé extérieur, et en principe du côté par lequel afflue l'eau, dont on veut arrêter l'invasion, afin d'éviter qu'elle ne séjourne dans l'intérieur du recouvrement, en détériorant les tôles en même temps que les rivets. Le vaigrage des bâtiments à double coque, assemblé à franc-bord, doit être maté du côté de la cale; les compartiments à lest d'eau des paquebots, qui contiennent habituellement de l'eau, sont utilement matés par l'intérieur de leurs cellules, toutes les fois que leurs dimensions le permettent. Les cornières d'attache des cloisons devront être matées sur l'aile qui porte sur le bordé, et sur celle qui est rivée à la cloison; on devra également mater les cales en tôle, qui séparent ces cornières des virures de recouvrement.

Toutes les fois qu'on recherchera une très grande étanchéité, il sera bon de mater des deux côtés du joint les lèvres des pièces en contact, et se garder d'employer, comme dans quelques chantiers, des matières destinées à favoriser l'oxydation de la tôle, telles que le sel ammoniac, ou bien des mastics ferrugineux. Les mastics, qui ne sont employés que quand la couture est mal serrée, n'ont pas de tenue; quant à l'oxydation, elle se produit toujours d'elle-même, au détriment des tôles et des rivets, et les écailles d'oxyde de fer, étant peu adhérentes et poreuses, ne suppléent jamais au défaut de contact; ces procédés doivent être absolument proscrits.

Diamètre des rivets. — Les dimensions à donner aux rivets, destinés à relier des pièces d'épaisseur donnée, sont fixées par la pratique d'un grand nombre de constructeurs, qui, à quelques différences secondaires près, sont arrivés à des proportions très voisines.

Le travail de poinçonnage nécessite, nous l'avons vu plus haut, que le diamètre du rivet soit au moins égal à l'épaisseur de la tôle; on a donc une limite inférieure du diamètre. On peut égale-

ment trouver une limite supérieure, en remarquant que la résistance de la tôle à l'écrasement doit être au moins égale à celle du rivet au cisaillement.

La résistance du rivet au cisaillement est $R_r \frac{\pi d^2}{4}$, celle de la tôle à l'écrasement est $R_e d.e$; d'où, s'il y a cisaillement simple :

$$\frac{d}{e} \leq \frac{4}{\pi} \frac{R_e}{R_r},$$

et avec double cisaillement :

$$\frac{d}{e} \leq \frac{2}{\pi} \frac{R_e}{R_r}.$$

M. l'ingénieur de la marine Clauzel (1) a conclu de diverses expériences, que la valeur de R_r pouvait être évaluée à 35 kilogrammes, celle de R_e à 65 kilogrammes pour la tôle de fer, 95 kilogrammes pour celle d'acier. Il en résulte que les valeurs maxima de $\frac{d}{e}$ seront :

	Cisaillement	
	simple.	double.
Fer	2,38	1,19
Acier	3,46	1,73

Les valeurs admises dans la pratique pour $\frac{d}{e}$ sont toujours inférieures aux résultats de ce calcul, dans le cas du cisaillement simple ; il n'en est pas toujours ainsi dans le cas où on emploierait de doubles couvre-joints, et il conviendrait de réduire le diamètre des rivets, de manière que $\frac{d}{e}$ ne dépassât pas cette limite.

En général, il y a tout avantage à augmenter le diamètre, nous le verrons plus loin, au profit de la résistance du joint, et on n'est le plus souvent arrêté dans cette voie, que par la nécessité de pouvoir river à la main, ce qui devient difficile dès que les rivets atteignent 28 millimètres. De plus, en grossissant les rivets, il faut les écarter davantage, et si on conservait une proportionnalité exacte entre le diamètre, l'épaisseur et l'écartement, le matage deviendrait difficile, sinon impossible.

Le tableau ci-dessous indique les dimensions adoptées au port de Lorient, et suivies aujourd'hui pour la plupart des constructions de nos arsenaux; il résume en outre la pratique des arsenaux anglais, des principaux chantiers français, les règles du Veritas, du Lloyd et de Liverpool.

(1) Étude sur le rivetage.

TABLEAU.



ÉPAISSEUR des tôles.	DIAMÈTRES DES RIVETS.					
	LORIENT.	LA CIOTAT.	VERITAS.	ARSENAUX ANGLAIS.	LLOYD.	LIVERPOOL.
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
5	12	14	»	»	»	»
6	12	»	13	»	»	»
7	14	16	»	»	»	»
7,5	»	»	»	12,5	»	12,5
8	14	16	14	»	16	»
9	16	19	16	15,5	»	15,5
10	16	19	»	»	»	»
11	18	»	17	19	19	19
12	18	21	»	»	»	»
12,5	»	»	»	»	»	20,5
13	20	21	19	»	»	»
14	20	21	20	22	»	»
15	22	21	»	»	»	»
15,5	»	»	»	»	»	22
16	22	21	21	»	22	»
17	22	23	22	»	»	»
18	24	23	»	»	»	»
19	24	23	23	25	»	23,5
20	24	23	24	»	»	»
20,5	»	»	»	»	25,5	25
21	26	25	»	»	»	»
22	26	25	25	28	»	28
23	26	25	»	»	»	»
23,5	»	»	»	»	»	30
24	28	25	27	»	28,5	»
25	28	25	29	»	»	31,5

On peut résumer ces chiffres de la manière suivante :

Pour les tôles au-dessous de 10 millimètres, le rapport $\frac{d}{e}$ oscille aux environs de 2; pour les tôles de 10 à 20, le diamètre du rivet est à peu près égal à l'épaisseur de la tôle augmentée moyennement de 7 millimètres, et le rapport $\frac{d}{e}$ est de 1,50 environ; enfin, pour les tôles plus fortes, le diamètre est égal à l'épaisseur augmentée de 3 à 5 millimètres. On peut aussi admettre la formule due à M. l'ingénieur de la marine Antoine :

$$d = 5,5\sqrt{e},$$

d et e étant pris en millimètres.

Rivetage des tôles d'acier. — L'usage suivi en France a été le plus souvent jusqu'ici d'exécuter le rivetage en fer, même pour réunir des pièces d'acier doux; la dimension du rivet a été fixée de la manière suivante : on a admis que les pièces d'acier auraient une épaisseur égale aux 3/4 de celle des pièces de fer de résistance égale, et qu'on emploierait les mêmes rivets; ainsi une tôle d'acier de 15 millimètres, correspondant à une tôle de fer de 20 millimètres, comportera des rivets de 24 millimètres.

Si l'on conservait les diamètres convenables pour le fer, on arriverait, pour obtenir l'égalité

de résistance, à des rivets infiniment trop rapprochés. Ainsi pour les rivets de fer, placés sur un rang, dans des tôles de fer, on laisse, ainsi qu'on le verra plus loin, entre les bords des trous une distance égale à $\frac{d^2}{e}$, et pour l'acier cet écartement se réduit à $0,6\frac{d^2}{e}$. Pour les tôles de fer épaisses, $\frac{d}{e}$ est très voisin de l'unité ; on aurait donc, pour les tôles d'acier de même épaisseur, à peine les 3/4 d'un diamètre entre les rivets; les têtes n'auraient pas la place nécessaire, et on ne pourrait pas exécuter le rivetage.

Pour les tôles d'acier, on trouverait, en employant la formule de M. Antoine, donnée plus haut :

$$d = 5,5\sqrt{1,33e},$$

en prenant les rivets qui conviennent à une tôle de fer, d'épaisseur égale aux 4/3 de celle de la tôle d'acier.

Disposition des rivets dans les joints. Distance au bord. — Quelle que soit la distribution des rivets et leur nombre, ils ne doivent pas être trop rapprochés des lèvres des pièces à réunir. Quand le rivet travaille par cisaillement, il tend à déchirer la tôle ; de plus, sous l'effort de traction, qui en résulte suivant le bord de la pièce, les criqures qui peuvent s'y trouver, et qui sont surtout causées par le cisaillage, peuvent s'ouvrir, et en s'agrandissant ôter toute tenue au rivet.

Si l'on considère la surface *mnpq* (*pl.* 98, *fig.* 694) comme devant être arrachée par le rivet, sa surface de décollement étant $2\,be$, sa résistance sera :

$$2beR_t,$$

et devra être égale, ou à peu près, à celle du rivet au cisaillement :

$$\pi\frac{d^2}{4}R_r.$$

On admet une résistance de 24 kilogrammes par millimètre carré pour les tôles de fer poinçonnées, et de 30 kilogrammes pour les rivets de fer; on a par suite :

$$2\,be \times 24 = \frac{\pi}{4}d^2 \times 30,$$

et, le rapport $\frac{0}{24}\cdot\frac{\pi}{4}$ étant voisin de l'unité :

$$b = \frac{d^2}{2e} = d \times \frac{d}{2e}.$$

Le rapport $\frac{d}{2e}$ varie pour les tôles de dimensions ordinaires de 0,83 à 0,54 ; on ne descend jamais jusqu'à cette limite, et on prend généralement :

$$b = d + 0^m,005 ;$$

ou bien :

$$b = d + \frac{e}{2}.$$

Le Lloyd exige :

$$b = 1,25\,d.$$

Dans les tôles épaisses, où le diamètre du rivet se rapproche de l'épaisseur de la tôle, on peut sans inconvénient réduire cette largeur, tout en conservant et au delà l'égalité de résistance.

Il faut d'ailleurs tenir compte de ce que la fraisure réduit un peu la résistance de la tôle, et surtout de ce qu'il vaut mieux donner à cette dernière un léger excès, relativement à celle du rivet. Si un effort accidentel amenait une rupture, celle du rivet serait beaucoup plus facile à réparer que celle de la tôle; il faudrait le plus souvent changer cette dernière en entier. De plus, l'usure due à l'oxydation réduit peu à peu la résistance de la tôle, et n'influe pas sur la section du rivet, qui résiste au cisaillement.

L'exagération de la largeur de la lisière a d'ailleurs quelquefois des inconvénients. S'il s'agissait par exemple d'un rivetage à double couvre-joint, le rivet travaillant par une double section, le calcul qui précède deviendrait inexact, et il faudrait, dans ce cas, pour obtenir l'égalité de résistance, doubler la lisière de la tôle, ainsi que de celle des couvre-joints, dont l'épaisseur totale est à peu près égale à celle de la tôle. Quand le joint devra être étanche, il résultera de cette disposition que la lèvre du couvre-joint se courbera au matage; aussi doit-on pour cette raison, et d'autres que nous verrons plus loin, se borner au couvre-joint simple, quand on veut un joint étanche.

Bien entendu, le diamètre d, dont nous parlons ici, est, comme dans tout ce qui suivra, le diamètre du trou, et non celui du rivet avant sa mise en place.

Joints résistants. Joints étanches. — Le nombre et la disposition des rivets, le nombre de lignes, sur lesquelles ils doivent être disposés, diffèrent suivant la nature de la jonction qu'il s'agit d'opérer. Tantôt on veut former un joint d'égale résistance, c'est-à-dire qu'on cherche à donner aux rivets, et à la portion de la tôle, laissée intacte par le poinçonnage, une résistance égale, et se rapprochant autant que possible de la résistance de la tôle intacte, ou de sa section la plus affaiblie en dehors du joint. Tel est le cas des joints transversaux et longitudinaux du bordé, des jonctions des barrots en plusieurs pièces, des écarts des lisses et des varangues, des hiloires renversées, etc.

Dans d'autres joints, on a en vue principalement l'étanchéité; il en est ainsi pour tous les joints du bordé, du vaigrage, des cloisons étanches, pour l'attache des cloisons étanches sur le bordé. La résistance, dans ce cas, doit être recherchée autant que possible, mais la question d'étanchéité est toujours prédominante. Enfin certaines jonctions n'ont d'autre but que d'empêcher le glissement longitudinal de deux pièces, sous des efforts n'ayant pas de rapport direct et connu avec ceux qu'elles doivent elles-mêmes pouvoir supporter. Tel est le cas de l'attache des lisses longitudinales et des couples non étanches avec le bordé, des tôles gouttières et des lattes sur barrots, etc.

Nombre de rangs. — Le nombre des rivets dépend de la section résistante qu'on veut obtenir; plus cette section est considérable, plus le nombre de rivets à disposer sur la longueur donnée de la couture est grand, plus la section résistante de la tôle est réduite sur la ligne des centres; en disposant les rivets sur deux, trois ou quatre files, on peut augmenter leur écartement sur chacune d'elles, et on accroît par suite la section résistante de la tôle.

Quel que soit le nombre des files, la résistance du joint n'est jamais supérieure à celle de la plus faible des tôles, suivant la ligne de rivets la plus éloignée de son bord. Il faut donc bien se garder de croire qu'on renforce un joint par l'addition d'une ligne de rivets supplémentaire, si l'on n'a soin en même temps d'augmenter l'espacement.

Les rivets des différentes lignes peuvent être disposés en quinconce (*pl.* 98, *fig.* 695), ou en chaîne (*pl.* 98, *fig.* 696). La disposition en quinconce a l'inconvénient de faire perdre quelques rivets, quand le joint est croisé par des pièces perpendiculaires à sa direction, et rivées également; tel est le cas des membrures relativement aux joints longitudinaux du bordé; en revanche, elle semble

faire contribuer plus également les diverses fibres du fer à la résistance, qu'elle répartit mieux sur toute la longueur du joint, et de plus permet l'emploi de recouvrements moins larges, et par suite moins lourds. Les arsenaux français n'emploient généralement que le rivetage en quinconce ; les arsenaux anglais, les règles du Lloyd n'admettent que le rivetage en chaîne ; le Veritas admet l'une ou l'autre de ces dispositions :

Écartement des files. — L'écartement des files, d'après les usages des arsenaux français, est réglé de manière qu'il reste entre les files de trous un diamètre de rivet. On est par suite conduit à donner au recouvrement :

Pour une file de rivets	. . . .	$3d + 10$	millimètres.
— deux —	. . . .	$5d + 10$	—
— trois —	. . . .	$7d + 10$	—
Et ainsi de suite.			

Quelques chantiers augmentent un peu ces dimensions, et les portent à 4,6 et 8 diamètres. Le Lloyd, qui prescrit le rivetage en chaîne, exige deux diamètres entre chaque rangée des joints transversaux, et un diamètre et demi pour les joints longitudinaux, ce qui porte les recouvrements à :

$6{,}5\,d$ pour 2 rangs $9{,}5\,d$ — 3 —	dans les joints transversaux.
$6{,}0\,d$ — 2 — $8{,}5\,d$ — 3 —	dans les joints longitudinaux.

On dispose aussi quelquefois les rivets en quinconce, de manière que leurs centres occupent les sommets de triangles déterminés de la manière suivante. Si on a calculé l'écartement des rivets de chaque file, de manière qu'il y ait égalité entre la résistance de la tôle affaiblie et celle des rivets de toutes les files, on peut considérer chaque rivet (*pl.* 98, *fig.* 697) comme agissant sur une sorte de ruban, découpé dans la tôle et entourant son fût ; et pour conserver des sections égales à tous ces rubans, il faut que l'écartement entre les fûts des rivets, d'une ligne à l'autre, soit moitié de ce qu'il est sur une même ligne ; cette manière d'envisager le rivetage est d'un usage général en Allemagne. Dans ce cas, en appelant md l'écartement de centre en centre des rivets d'une même file, la distance comprise entre les lignes des centres des deux files est :

$$\varepsilon = \frac{d}{2}\sqrt{2m+1}.$$

Si le joint est d'égale résistance, la valeur de m varie avec le rapport de d à l'épaisseur de la tôle ; pour des tôles de 10 à 20 millimètres, rivées à deux rangs, m passe de 4,32 à 3,52 ; ε varierait de 1,55 à 1,41 d, et l'espacement entre les files de 0,55 à 0,41 d. On obtiendrait donc de cette manière des couvre-joints un peu moins larges que par la règle suivie à Lorient, et surtout que par celle du Lloyd. Il conviendra de ne pas atteindre cette limite ; la tôle est plus fatiguée par le poinçonnage sur l'intervalle qui sépare deux trous, appartenant à deux lignes différentes, que sur celui, deux fois plus grand, qui sépare deux rivets d'une même ligne.

Écartement des rivets sur chaque file. — D'après ce que nous venons de dire, on voit que la caractéristique de la résistance du joint est l'écartement des rivets de chaque file, et surtout de la file la plus éloignée du bord de la tôle. Nous allons examiner la condition d'égale résistance

des joints à un, deux et trois rangs de rivets, à simple et à double couvre-joint. Nous supposons d'abord l'égalité d'épaisseur entre les pièces rivées.

Un rang de rivets. Couvre-joint simple. — Dans ce cas, nous supposons que la rupture peut se faire soit par cisaillement des rivets, dont la résistance, en appelant L la longueur du joint, md la distance de centre en centre, et par suite $\frac{L}{md}$ le nombre des rivets, est :

$$\frac{L}{md} \times \frac{\pi d^2}{4} \times R_r;$$

soit par déchirure de la tôle, dont la section résistante est :

$$L \times \frac{(m-1)}{m} \times e \times R_t.$$

Si on veut un joint d'égale résistance, on posera :

$$\frac{L}{md} \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot R_r = L \frac{(m-1)}{m} \cdot e \cdot R_t,$$

$$\frac{\pi d}{4} \cdot R_r = (m-1) e \cdot R_t,$$

$$m = 1 + \frac{\pi}{4} \times \frac{R_r}{R_t} \times \frac{d}{e}.$$

S'il s'agit de tôles de fer et de rivets de fer, on admet les résistances :

$$R_t = 24^{kg}, \qquad R_r = 30^{kg};$$

d'où sensiblement :

$$m = 1 + \frac{d}{e}.$$

Les règles de Lorient, pour tenir compte de l'affaiblissement dû à la fraisure, augmentent un peu l'écartement, et le portent à :

$$m = 1,125 + \frac{d}{e}.$$

S'il s'agit de tôles d'acier rivées en fer, on fera $R_t = 40^{kg}$, et on trouvera :

$$m = 1,125 + 0,6 \frac{d}{e}.$$

Un rang de rivets. Couvre-joint double.— Si les couvre-joints ont une épaissseur totale égale à celle des tôles à réunir, on aura, les rivets ayant une double section de cisaillement :

$$\frac{L}{md} \times 2 . \frac{\pi d^2}{4} . R_r = L \frac{(m-1)}{m} . e . R_t,$$

d'où

$$m = 1 + 2 \frac{d}{e}.$$

Résistance relative. — La résistance relative du joint, rapport de sa résistance à celle de la tôle intacte, sera égale à $\frac{(m-1)\,Le}{m\,L\,e}$, ou $\frac{m-1}{m}$; on aura donc pour la résistance relative :

Couvre-joint simple. $\dfrac{0,125+\frac{d}{e}}{1,125+\frac{d}{e}}$

Couvre-joint double. $\dfrac{2\frac{d}{e}}{1+2\frac{d}{e}}$

En prenant comme exemple des tôles de fer de 20 millimètres, rivées avec des rivets de 24 millimètres, on aura pour résistance relative :

Couvre-joint simple . . . . $\dfrac{0,125+\frac{24}{20}}{1,125+\frac{24}{20}}=\dfrac{1,325}{2,325}=0,57$

Couvre-joint double. . . . . $\dfrac{2\times\frac{24}{20}}{1+2\times\frac{24}{20}}=\dfrac{2,4}{3,4}=0,71$

Un calcul analogue pourra être fait pour la tôle d'acier de même épaisseur ; les rivets employés seront de 28 millimètres ; on aura donc pour les résistances relatives :

Couvre-joint simple. . . . . $\dfrac{0,125+0,6\,\frac{28}{20}}{1,125+0,6\,\frac{28}{20}}=\dfrac{0,965}{1,965}=0,49$

Couvre-joint double. . . . . $\dfrac{1,2\times\frac{28}{20}}{1+1,2\times\frac{28}{20}}=\dfrac{1,68}{2,68}=0,63$

Deux rangs de rivets. Couvre-joint simple. — Dans ce cas, si les rivets sont également espacés sur les deux lignes, on aura pour la résistance de tous les rivets :

$$2\times\frac{L}{md}\times\frac{\pi d^2}{4}\,.\,R_r,$$

et pour celle de la tôle suivant la dernière ligne :

$$L\times\frac{(m-1)}{m}\times e\times R_t;$$

d'où, pour l'égalité de résistance :

$$(m-1)\,.e.\,R_t=2\,\frac{\pi d}{4}\,.\,R_r;$$

$$m=1+2\,\frac{\pi}{4}\times\frac{R_r}{R_t}\times\frac{d}{e};$$

soit pour la tôle de fer :

$$m = 1 + 2\frac{d}{e},$$

et, en modifiant pour tenir compte de la fraisure,

$$m = 1,125 + 2\frac{d}{e}.$$

Pour la tôle d'acier on obtiendra :

$$m = 1,125 + 2 \times 0,6\frac{d}{e}.$$

Ces formules ne diffèrent que par la correction relative à la fraisure de celles trouvées plus haut pour une rangée de rivets et le couvre-joint double.

Deux rangs de rivets. Couvre-joint double. — En opérant de la même manière dans ce cas, on trouverait, pour le fer :

$$m = 1 + 4\frac{d}{e};$$

pour l'acier :

$$m = 1 + 4 \times 0,6\frac{d}{e}.$$

Trois rangs de rivets. — On peut de la même manière trouver pour trois rangs de rivets :

Couvre-joint simple fer . . . . $m = 1,125 + 3\frac{d}{e}.$

— — acier . . . . $m = 1,125 + 1,8\frac{d}{e}.$

— double fer . . . . $m = 1 + 6\frac{d}{e}.$

— — acier . . . . $m = 1 + 3,6\frac{d}{e}.$

Nous résumons ces formules dans le tableau suivant :

		FER.		ACIER.		CALCUL DE $\frac{m-1}{m}$ pour l'épaisseur de 20 millimètres.	
		m.	$\frac{m-1}{m}$.	m.	$\frac{m-1}{m}$.	Fer, rivets de 24.	Acier, rivets de 28.
Un rang. . .	Couvre-joint simple. . .	$1,125 + \frac{d}{e}$	$\frac{0,125 + \frac{d}{e}}{1,125 + \frac{d}{e}}$	$1,125 + 0,6\frac{d}{e}$	$\frac{0,125 + 0,6\frac{d}{e}}{1,125 + 0,6\frac{d}{e}}$	0,57	0,49
	— double. . .	$1 + 2\frac{d}{e}$	$\frac{2\frac{d}{e}}{1 + 2\frac{d}{e}}$	$1 + 1,2\frac{d}{e}$	$\frac{1,2 \times \frac{d}{e}}{1 + 1,2\frac{d}{e}}$	0,71	0,63

		Fer.		Acier.		Calcul de $\frac{m-1}{m}$ pour l'épaisseur de 20 millimètres.	
		m.	$\frac{m-1}{m}$.	m.	$\frac{m-1}{m}$.	Fer, rivets de 24.	Acier, rivets de 28.
Deux rangs.	Couvre-joint simple. . .	$1,125 + 2\frac{d}{e}$	$\frac{0,125 + 2\frac{d}{e}}{1,125 + 2\frac{d}{e}}$	$1,125 + 1,2\frac{d}{e}$	$\frac{0,125 + 1,2\frac{d}{e}}{1,125 + 1,2\frac{d}{e}}$	0,72	0,64
	— double. . .	$1 + 4\frac{d}{e}$	$\frac{4\frac{d}{e}}{1 + 4\frac{d}{e}}$	$1 + 2,4\frac{d}{e}$	$\frac{2,4 \times \frac{d}{e}}{1 + 2,4\frac{d}{e}}$	0,83	0,77
Trois rangs.	— simple. . .	$1,125 + 3\frac{d}{e}$	$\frac{0,125 + 3\frac{d}{e}}{1,125 + 3\frac{d}{e}}$	$1,125 + 1,8\frac{d}{e}$	$\frac{0,125 + 1,8\frac{d}{e}}{1,125 + 1,8\frac{d}{e}}$	0,79	0,73
	— double. . .	$1 + 6\frac{d}{e}$	$\frac{6\frac{d}{e}}{1 + 6\frac{d}{e}}$	$1 + 3,6\frac{d}{e}$	$\frac{3,6 \times \frac{d}{e}}{1 + 3,6\frac{d}{e}}$	0,88	0,83
Quatre rangs.	— simple. . .	$1,125 + 4\frac{d}{e}$	$\frac{0,125 + 4\frac{d}{e}}{1,125 + 4\frac{d}{e}}$	$1,125 + 2,4\frac{d}{e}$	$\frac{0,125 + 2,4\frac{d}{e}}{1,125 + 2,4\frac{d}{e}}$	0,83	0,78
	— double. . .	$1 + 8\frac{d}{e}$	$\frac{8\frac{d}{e}}{1 + 8\frac{d}{e}}$	$1 + 4,8\frac{d}{e}$	$\frac{4,8 \times \frac{d}{e}}{1 + 4,8 \times \frac{d}{e}}$	0,91	0,87

Les chiffres qui précèdent sont calculés en adoptant les règles de Lorient, formulées dans le Manuel de rivetage de M. le directeur des constructions navales Godron, et en se basant sur les chiffres de résistance adoptés par cet ingénieur, qui résultent de nombreuses expériences ; d'autres expérimentateurs emploient des chiffres un peu différents.

Ainsi M. l'ingénieur de la marine Clauzel adopte, pour la tôle de fer poinçonnée, le chiffre de 28 kilogrammes; pour la tôle percée au foret, 32 kilogrammes ; pour la tôle d'acier, 42 kilogrammes, et pour les rivets, 35 kilogrammes par millimètre carré. Toute variation dans la résistance des métaux entrant dans l'assemblage entraînera une modification corrélative des proportions du rivetage, modification que l'on pourra étudier d'une manière suffisamment exacte par la méthode indiquée jusqu'ici. Toutes les valeurs de $\frac{m-1}{m}$ se rapprochent d'autant plus de l'unité, que $\frac{d}{e}$ est plus grand ; on voit donc qu'il y aurait avantage à grossir les rivets, si la nécessité de coudre d'une façon continue le bord des deux tôles, et souvent de faire une couture étanche, et en outre l'impossibilité de river à la main des rivets de plus de 28 millimètres ne venaient limiter les dimensions des rivets aux chiffres donnés plus haut. On voit aussi que le rivetage en fer est plus désavantageux pour les tôles d'acier que pour celles de fer. Il est vrai que, la résistance absolue de la tôle d'acier étant les $\frac{40}{24}$ de celle du fer, la résistance absolue du joint est encore bien supérieure : pour des joints à deux

rangs de rivets et simple couvre-joint de tôles de 20 millimètres, le rapport des résistances absolues sera :

$$\frac{40}{24} \times \frac{0,64}{0,72} = 1,48.$$

Mais si on se reporte à la valeur de la résistance relative, on remarque qu'on peut la mettre sous la forme :

$$\frac{m-1}{m} = \frac{1}{1+K\frac{e}{d}},$$

dans laquelle

$$K = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{R_t}{R_r}.$$

On voit qu'il y aurait grand avantage à diminuer K, en donnant aux rivets une résistance plus grande, et qu'en principe il est toujours avantageux d'avoir pour ceux-ci une résistance au cisaillement supérieure à celle de la tôle à la traction, ce qui n'est pas le cas pour le rivetage en fer des tôles d'acier. On comprend par suite l'intérêt qui s'attache à l'emploi de rivets d'acier.

On peut utilement remarquer, ainsi que l'a fait M. l'ingénieur de la marine Antoine, que si les rivets étaient proportionnés suivant la formule

$$d = 5,5\sqrt{e},$$

l'espacement de circonférence en circonférence $(m-1)d$, qui est proportionnel à $\frac{d^2}{e}$, serait une quantité constante, quelle que fût l'épaisseur de la tôle. Ainsi on aurait pour le fer :

Pour un rang de rivets.	$(m-1)d = (5,5)^2 =$	30	millimètres
Pour deux rangs de rivets, ou un double couvre-joint à un rang.	$(m-1)d = 2(5,5)^2 =$	60	—
Pour trois rangs de rivets	$(m-1)d = 3(5,5)^2 =$	90	—
Pour quatre rangs de rivets, ou un double couvre-joint à deux rangs.	$(m-1)d = 4(5,5)^2 =$	120	—

Ces chiffres devraient être légèrement augmentés, de 2 à 4 millimètres suivant le diamètre, pour tenir compte de la fraisure, dans le cas du couvre-joint simple.

Pour une tôle d'acier, le rivet convenable étant donné par la formule $d = 5,5\sqrt{1,33e}$, on obtiendra par suite les valeurs suivantes pour $(m-1)d$:

Pour un rang de rivets	$(m-1)d = 0,6 \times 1,33\,(5,5)^2 = 24$	millimètres.
Pour deux rangs de rivets, ou un double couvre-joint à un rang.	$(m-1)d = 1,2 \times 1,33(5,5)^2 = 48$	—
Pour trois rangs de rivets.	$(m-1)d = 1,8 \times 1,33(5,5)^2 = 72$	—
Pour quatre rangs de rivets, ou un double couvre-joint à deux rangs.	$(m-1)d = 2,4 \times 1,33(5,5)^2 = 96$	—

Les nombres ainsi trouvés seront d'un usage commode, quand on n'aura pas à sa disposition les tableaux du Manuel de rivetage.

Pièces d'épaisseur inégale. — D'après les règles du Veritas, le diamètre des rivets et le système de rivetage, destinés à réunir deux pièces inégales, sont déterminés d'après la plus épaisse des deux. Les règles de Lorient, plus logiques suivant nous, admettent que, dans ce cas, on prendra

les rivets de diamètre convenable pour la plus faible des pièces, et qu'on les disposera de manière à avoir égalité de résistance entre la section réduite de cette pièce et les rivets, l'autre pièce ayant forcément par suite un excès de résistance. Avec plusieurs rangées de rivets, on peut arriver à l'égalité de résistance entre les deux pièces et les rivets, par une modification dans la distribution des trous; on verra plus loin de quelle manière.

Théorie générale des joints d'égale résistance. — La théorie élémentaire que nous venons d'indiquer, très suffisante dans la pratique, doit être complétée par quelques considérations générales sur les moyens d'obtenir une résistance du joint aussi grande que possible. Dans la pratique courante, des raisons de simplification de travail conduisent à n'employer pour un même joint qu'un seul diamètre et qu'un écartement constant des rivets; dans certains cas, la recherche d'une solidité maxima en des points déterminés peut faire passer par-dessus quelques complications, et faire admettre des rivets de diamètres différents, ou diversement écartés sur les différentes lignes.

Quelques considérations sur ce genre de joints se trouvent dans l'ouvrage de Sir Edward Reed (Shipbuilding in iron and steel, p. 361). M. Clauzel, ingénieur de la marine, en a donné le premier une théorie mathématique et rationnelle (Étude sur le rivetage, 1882).

Examinons les divers modes de rupture d'un joint, que nous supposerons être à quatre rangs de rivets; on pourrait facilement étendre la même étude à un nombre de rangs plus considérable.

On peut résumer de la manière suivante les divers modes de rupture possibles (*pl.* 98, *fig.* 698) :

1°	Déchirure de la tôle	A	suivant la ligne de rivets	n° 1,	sans cisaillement de rivets	
2°	—	A	—	n° 2,	et cisaillement des rivets	de la ligne 1
3°	—	A	—	n° 3,	—	des lignes 1 et 2
4°	—	A	—	n° 4,	—	des lignes 1, 2 et 3
5°	—	B	—	n° 1,	—	— 2, 3 et 4
6°	—	B	—	n° 2,	—	— 3 et 4
7°	—	B	—	n° 3,	—	de la ligne 4.
8°	—	B	—	n° 4,	sans cisaillement de rivets.	
9°	Cisaillement de tous les rivets.					

Variation du nombre de rivets. — Appelons l_1, l_2, l_3 les largeurs de la tôle la plus mince, d'épaisseur e et de largeur totale L, qui restent intactes après le percement des trous de rivets placés sur les différentes lignes; désignons par λ_1, λ_2, λ_3 les sommes des diamètres des rivets sur les différentes lignes; si d est le diamètre uniforme des rivets, $\frac{\lambda_1}{d}$, $\frac{\lambda_2}{d}$, $\frac{\lambda_3}{d}$ seront les nombres de rivets placés sur chaque rangée. Quand on passe de la rupture suivant une ligne de rivets à la rupture suivant la ligne voisine, il est évident que la section de la tôle est réduite par l'augmentation du nombre de rivets, et que les rivets de la ligne précédente viennent ajouter leur résistance par cisaillement à celle des rivets placés avant eux. Ainsi (*pl.* 98, *fig.* 698), si l'on considère la déchirure suivant les lignes 3 et 4, on voit qu'en 4 la tôle A est plus faible qu'en 3 de deux diamètres, mais que les trois rivets de la ligne 3 viennent donner un élément nouveau de résistance.

Pour qu'il y ait égalité de résistance, quel que soit le mode de rupture, il faut que la diminution de résistance de la tôle, provenant de l'augmentation du nombre de rivets d'une ligne à l'autre, soit compensée par la résistance au cisaillement des rivets de la ligne précédente.

Si donc on passe de la ligne p à la ligne $p+1$, on aura la relation :

$$(1) \qquad (l_p - l_{p+1}) e \times R_t = \frac{\lambda_p}{d} \times \frac{\pi d^2}{4} \times R_r ;$$

et comme on a identiquement :

$$l_p + \lambda_p = l_{p+1} + \lambda_{p+1};$$

on aura en substituant :

$$\lambda_{p+1} - \lambda_p = \lambda_p \times \frac{\pi}{4} \times \frac{d}{e} \times \frac{R_r}{R_t},$$

et en posant :

$$\frac{\pi}{4} \times \frac{d}{e} \times \frac{R_r}{R_t} = \mu,$$

on obtiendra entre λ_{p+1} et λ_p la relation :

(2) $$\lambda_{p+1} = \lambda_p(1+\mu).$$

Ainsi la somme des diamètres, ou le nombre des rivets, devra croître d'une ligne à l'autre, suivant une progression géométrique, dont la raison est $(1+\mu)$.

De l'équation (1) on peut tirer :

$$l_p - l_{p+1} = \mu\lambda_p.$$

Le coefficient μ permet donc de remplacer, au point de vue de la résistance, un nombre de rivets, $\frac{\lambda_p}{d}$, par une bande de tôle de largeur $\mu\lambda_p$, d'épaisseur e et de résistance R_t.

Dans tout ce qui suit, on évaluera toutes les résistances en largeurs de tôle, et par suite on pourra considérer $\mu\lambda$ comme la largeur d'une bande d'épaisseur et de résistance égales à celles de la tôle, et équivalente aux rivets, dont la somme des diamètres est λ.

On remarquera que, dans les formules précédemment trouvées, pour un rang de rivets,

$$m = 1 + \frac{\pi}{4} \cdot \frac{R_r}{R_t} \cdot \frac{d}{e},$$

$$m = 1 + \frac{d}{e} \text{ pour le fer,}$$

$$m = 1 + 0,6\frac{d}{e} \text{ pour l'acier.}$$

$(m-1)d$ représente, par suite de l'égalité de résistance entre la tôle après poinçonnage et ses rivets, la largeur de cette tôle qui a une résistance égale à celle d'un rivet ; on aura donc la relation :

$$(m-1)d = \mu d,$$

ou :

$$(m-1) = \mu;$$

et on pourra prendre en nombres ronds :

$$\mu = \frac{d}{e} \text{ pour le fer,}$$

$$\mu = 0,6\frac{d}{e} \text{ pour l'acier rivé en fer.}$$

Si la résistance relative ρ à rechercher est connue, on aura :

$$\rho = \frac{L - \lambda_1}{L};$$

λ_1 sera par suite déterminé ; on en déduira $\lambda_2, \lambda_3, \ldots$ par la relation (2)

$$\lambda_2 = \lambda_1 (1 + \mu),$$
$$\lambda_3 = \lambda_2 (1 + \mu) = \lambda_1 (1 + \mu)^2.$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

Nombre des rangées. — On ne devra pas dépasser le nombre n de lignes, qui donne un nombre total de rivets équivalent à la section de tôle intacte à la première ligne ; on devra donc avoir :

$$\mu \Sigma \lambda = L - \lambda_1,$$

ou bien :

$$\mu \left[\lambda_1 + (1 + \mu)\lambda_1 + (1 + \mu)^2 \lambda_1 + \ldots + (1 + \mu)^{n-1} \lambda_1\right] = L - \lambda_1,$$

$$\lambda_1 \mu \left[\frac{(1 + \mu)^n - 1}{\mu}\right] = L - \lambda_1,$$

(3) $$\lambda_1 = \frac{L}{(1 + \mu)^n}.$$

La résistance relative ρ pourra donc s'écrire :

$$\rho = \frac{L - \lambda_1}{L} = 1 - \frac{1}{(1 + \mu)^n}.$$

En suivant cette loi de rapprochement des rivets, on est sûr de ne pas affaiblir la tôle d'épaisseur e, que nous avons seule considérée jusqu'ici et prise la plus faible des deux ; pour l'autre, sa section résistante diminue à chaque ligne, en même temps que le nombre de rivets dont le cisaillement vient s'ajouter à sa résistance ; il faut donc limiter le rapprochement des rivets à la dernière ligne, au chiffre qui ferait tomber la résistance au-dessous de ce qu'on obtient pour la première tôle. Toutefois, comme nous ne tenons pas compte de la fraisure, et que de plus il faut pouvoir placer les têtes des rivets, on ne devra pas les rapprocher à moins de deux diamètres et demi d'axe en axe.

Épaisseur de la seconde tôle. — Si l'épaisseur e' de la seconde tôle, laissée jusqu'ici indéterminée, peut être fixée d'une manière arbitraire, on devra la calculer de manière qu'à la dernière rangée, où la somme des diamètres des rivets est :

$$\lambda_n = \lambda_1 (1 + \mu)^{n-1},$$

ou bien, en substituant λ_1 donné par (3) :

$$\lambda_n = L \frac{(1 + \mu)^{n-1}}{(1 + \mu)^n} = \frac{L}{1 + \mu},$$

elle ait encore une section intacte, égale à celle de la première tôle à la première rangée ; on devra donc avoir :

$$(L - \lambda_1) e = L\left(1 - \frac{1}{1 + \mu}\right) e',$$

$$\left(\frac{L - \lambda_1}{L}\right) e = \left(\frac{\mu}{1 + \mu}\right) e' ;$$

et comme :

$$\rho = \frac{L - \lambda_1}{L},$$

$$e\rho = \frac{\mu}{1+\mu} e' ;$$

$$\frac{e'}{e} = \rho \left(\frac{1+\mu}{\mu}\right) = \left(1 + \frac{1}{\mu}\right)\left(1 - \frac{1}{(1+\mu)^n}\right).$$

Application numérique. — Supposons deux tôles de fer de 690 millimètres de largeur, 10 millimètres d'épaisseur (*pl.* 99, *fig.* 699), que l'on veut réunir par un couvre-joint d'épaisseur inconnue, avec autant de solidité que possible, avec des rivets de 16 millimètres. On mettra un rivet à la première file, et on aura par suite :

$$\lambda_1 = 16 ; \qquad \rho = \frac{690 - 16}{690} = 0,976.$$

Si on admet : $R_t = 24$ kilogrammes, $R_r = 30$ kilogrammes, on aura :

$$\mu = \frac{\pi}{4} \times \frac{30}{24} \times \frac{16}{10} = 1,57 ;$$

d'autre part $\mu \Sigma\lambda = 674$; d'où $\Sigma\lambda = 429$.

On formera le tableau :

VALEURS CALCULÉES DE λ.	NOMBRE DE RIVETS.	VALEUR RÉELLE DE λ.	SOMMES DE λ.	LARGEURS INTACTES DE TÔLE.
$\lambda_1 = 16$	1	16	$\lambda_1 = 16$	$L - \lambda_1 = 674$
$\lambda_2 = 16 \times 2,57 = 41$	3	48	$\lambda_1 + \lambda_2 = 64$	$L - \lambda_2 = 642$
$\lambda_3 = 41 \times 2,57 = 105$.	7	112	$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 176$	$L - \lambda_3 = 578$
$\lambda_4 = 105 \times 2,57 = 270$	16	256	$\Sigma\lambda = 432$	$L - \lambda_4 = 434$
»	27	»	$\mu\Sigma\lambda = 676$	»

Il est évident que les valeurs de $\lambda_1, \lambda_2, \ldots$ n'étant pas des multiples exacts de d, on n'obtiendra pas l'égalité complète de résistance ; ainsi dans l'exemple ci-dessus les résistances seront, en largeur de tôle :

A la première ligne 674 . . . . = 674 millimètres.
deuxième — $642 + 1,57 \times 16$ . . . . = 667 —
troisième — $578 + 1,57 \times 16 \times 4$ . . . . . = 678 —
quatrième — $434 + 1,57 \times 16 \times 11$. . . . . = 710 —

La résistance relative théorique est donnée par la formule :

$$\rho = 1 - \frac{1}{(1+\mu)^n} = 0,976 ;$$

Elle est en réalité un peu plus faible à la deuxième ligne, et égale à :

$$\frac{667}{690} = 0,956.$$

On pourra avoir avantage à modifier quelquefois d d'une petite quantité, pour approcher davantage des valeurs théoriques de λ ; cette modification de d entraîne une modification de μ.

Il suffira donc de quatre rangées de rivets, si on est libre de disposer de l'épaisseur du couvre-joint, qui sera réglée de manière que sa section la plus faible, qui se trouve à la ligne 4, soit équivalente à celle de la tôle à la ligne 1.

On posera donc :

$$e'(690-256)=e(690-16) ;$$

$$\frac{e'}{e}=\frac{674}{434}=1,55 ;$$

$$e'=15^{mm},5.$$

Couvre-joint d'épaisseur égale à celle de la tôle. — Supposons maintenant l'épaisseur du couvre-joint limitée à un chiffre inférieur au précédent, ou même égale à celle de la tôle ; ou bien encore supposons deux tôles d'égale épaisseur, assemblées à clin. On devra s'arrêter dans la loi de croissance des valeurs de λ, dès que la somme des résistances de la seconde pièce et des rivets restant à placer sera égale à la résistance de la tôle sur la première ligne ; c'est-à-dire quand on aura :

$$L-\lambda_p+\mu\left[\Sigma\lambda-(\lambda_1+\lambda_2+\ldots+\lambda_p)\right]\geq L-\lambda_1,$$

et comme :

$$L-\lambda_1=\mu\Sigma\lambda,$$

$$L-\lambda_p\geq\mu(\lambda_1+\lambda_2\ldots+\lambda_p)$$

Dans l'exemple ci-dessus on a :

$\mu\lambda_1=25$	$L-\lambda_1=674$
$\mu(\lambda_1+\lambda_2)=100$	$L-\lambda_2=642$
$\mu(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3)=276$	$L-\lambda_3=578$
$\mu(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4)=680$	$L-\lambda_4=434$

Or cette inégalité est renversée à partir de la troisième ligne ; on ne pourra donc disposer les seize rivets qui restent à placer, pour obtenir l'égalité de résistance, que suivant une loi décroissante semblable à la loi de croissance, et on sera forcé d'avoir sept rangées (*pl.* 99, *fig.* 700), distribuées de la manière suivante :

1re ligne	1 rivet
2e —	3 —
3e —	7 —
4e —	7 —
5e —	7 —
6e —	3 —
7e —	1 —

On pourrait ne mettre que cinq rivets à la rangée du milieu.

Limitation du nombre de rangées. — On peut aussi, et c'est le cas le plus fréquent, limiter à l'avance le nombre de lignes de rivets, et chercher à réaliser l'égalité de résistance.

Une démonstration analogue à la précédente fait voir que les sommes λ des diamètres des rivets doivent, d'une ligne à l'autre, suivre la progression géométrique de raison $(1+\mu)$. De plus si,

les épaisseurs étant égales, on veut obtenir un joint symétrique, on aura, si n, nombre de rangées, est pair :

(1) $$L - \lambda_1 = 2\mu\left(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \ldots \lambda_{\frac{n}{2}}\right),$$

et si n est impair :

(2) $$L - \lambda_1 = 2\mu\left(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \ldots \lambda_{\frac{n-1}{2}}\right) + \mu\lambda_{\frac{n+1}{2}}.$$

Nombre de rangées pair. — L'équation (1) nous donne :

$$L - \lambda_1 = 2\mu[\lambda_1 + \lambda_1(1+\mu) + \ldots + \lambda_1(1+\mu)^{\frac{n}{2}-1}],$$

$$= 2\mu\lambda_1\left(\frac{(1+\mu)^{\frac{n}{2}} - 1}{\mu}\right) = 2\lambda_1[(1+\mu)^{\frac{n}{2}} - 1];$$

$$L = 2\lambda_1(1+\mu)^{\frac{n}{2}} - \lambda_1$$

$$\lambda_1 = \frac{L}{2(1+\mu)^{\frac{n}{2}} - 1};$$

d'où on déduira :

$$\rho = \frac{L - \lambda_1}{L} = \frac{2(1+\mu)^{\frac{n}{2}} - 2}{2(1+\mu)^{\frac{n}{2}} - 1}.$$

Nombre de rangées impair. — L'équation (2) nous donne :

$$L - \lambda_1 = 2\mu\lambda_1\left[1 + (1+\mu) + \ldots + (1+\mu)^{\frac{n-3}{2}}\right] + \mu\lambda_1(1+\mu)^{\frac{n-1}{2}},$$

$$= 2\mu\lambda_1\left(\frac{(1+\mu)^{\frac{n-1}{2}} - 1}{\mu}\right) + \mu\lambda_1(1+\mu)^{\frac{n-1}{2}},$$

$$= \lambda_1\left[2(1+\mu)^{\frac{n-1}{2}} - 2 + \mu(1+\mu)^{\frac{n-1}{2}}\right],$$

$$= \lambda_1\left[(1+\mu)^{\frac{n-1}{2}}(2+\mu) - 2\right],$$

d'où

$$L = \lambda_1\left[(1+\mu)^{\frac{n-1}{2}}(2+\mu) - 1\right];$$

et

$$\lambda_1 = \frac{L}{(1+\mu)^{\frac{n-1}{2}}(2+\mu) - 1},$$

$$\rho = \frac{(1+\mu)^{\frac{n-1}{2}}(2+\mu) - 2}{(1+\mu)^{\frac{n-1}{2}}(2+\mu) - 1}.$$

Application numérique. — Tôles de fer de 10 millimètres d'épaisseur, de 690 milli-

mètres de largeur (*pl.* 99, *fig.* 701), à réunir, sans couvre-joint, par quatre rangs de rivets de 16 millimètres. $\mu = 1,57$.

VALEURS CALCULÉES DE λ.	NOMBRE DE RIVETS.	VALEUR RÉELLE DE λ.	SOMMES DE λ.	LARGEURS INTACTES DE TÔLE.
$\lambda_1 = \frac{690}{2 \times 2,57^2 - 1} = 56,5$	4	64	»	$L - \lambda_1 = 626$
$\lambda_2 = 2,57 \times 56,5 = 145$.	9	144	$\lambda_1 + \lambda_2 = 208$	$L - \lambda_2 = 546$
$\lambda_3 =$	9	144	»	$L - \lambda_3 = 546$
$\lambda_4 =$	4	64	»	$L - \lambda_4 = 626$
»	26	»	$\Sigma\lambda = 416$	»
»	»	»	$\mu\Sigma\lambda = 653$	»

Résistance à la première file de rivets . . . . $= 626$
— — deuxième — . . . . $546 + 1,57 \times 64 = 646$
— totale des rivets . . . . $\mu\Sigma\lambda = 653$
— relative . . . . $\rho = \frac{626}{690} = 0,907$

Si on applique dans ce cas les règles de Lorient (*pl.* 99, *fig.* 702), on espace les rivets de $120^{mm},4$, ce qui permet d'en placer six sur chaque ligne, soit en tout vingt-quatre rivets. On a comme résistance au cisaillement des rivets :

$$1,57 \times 24 \times 16 = 604 ;$$

et celle de la tôle à la première ligne n'est plus que de :

$$690 - 6 \times 16 = 594 ;$$

La résistance relative n'est plus que de 0,86.

Réduction de largeur des recouvrements. — Quand les couvre-joints, ou les tôles rivées à clin sont réunis par des rivets en nombre croissant ou décroissant, on peut réduire la largeur des tôles ou des couvre-joints à partir de la rangée qui comporte le plus de rivets ; cette réduction, qui conduit à une diminution sensible de poids, est également applicable aux cales des couples étanches. Il suffira, pour la déterminer, d'écrire qu'à chaque ligne de rivets la largeur de tôle intacte doit équivaloir à la somme des rivets déjà posés, y compris cette ligne, ce qui donne l'égalité :

$$l_p - \lambda_p = \mu\Sigma_1^p\lambda.$$

Cales des couples étanches. — Dans certains cas, des dispositions étudiées d'après les principes qui précèdent peuvent avoir un intérêt très sérieux. Ainsi l'attache des cloisons étanches ou des couples étanches sur le bordé détermine une ligne faible, par les très nombreux trous de rivets, que la condition d'étanchéité oblige à espacer de quatre diamètres, cinq au plus, qui réduisent la section de la tôle, et abaissent en moyenne la résistance relative à $\frac{3,5}{4,5} = \frac{7}{9} = 0,777$. L'ensemble du bordé présente au droit des écarts une résistance variable suivant leur disposition, mais que l'on tâche de rapprocher de $\frac{7}{8}$; aux couples non étanches, il est traversé par des rivets espacés de 8 diamètres, et sa résistance est par suite réduite à $\frac{7}{8} = 0,875$. Il suffirait donc d'augmenter la résis-

tance aux couples étanches, et de la faire passer de $\frac{7}{9}$ à $\frac{7}{8}$, pour obtenir l'uniformité de résistance, et il est inutile de faire plus.

Généralement, on se contente pour cela d'élargir la cale de la virure de recouvrement, de manière à pouvoir la faire traverser, en dehors des cornières (*pl.* 99, *fig.* 703), par une ligne de rivets, espacés de 8 diamètres comme ceux des membres. Si dans ce cas on considère deux virures voisines A et B, de 1 mètre de large, 18 millimètres d'épaisseur, fixées par des rivets de 24, les recouvrements de joints à deux rangs de rivets ayant une somme égale à 24 centimètres, la largeur de la cale sera réduite à $0^m,76$; on pourra placer quatre rivets sur la ligne extérieure.

Si on examine les divers modes de déchirure qui peuvent se produire, on verra qu'il peut arriver :

1° Que les deux tôles et la cale se déchirent suivant la ligne des rivets des cornières, et dans ce cas la résistance est $2,76 \times \frac{3,5}{4,5} = 2,14$ (à l'épaisseur près) ; supérieure par suite à celle de la tôle intacte, qui est de 2 ;

2° Que les tôles peuvent se rompre suivant la même ligne, sans que la cale soit déchirée, avec cisaillement des quatre rivets de la ligne extérieure, espacés à 8 diamètres. La résistance des quatre rivets est $\mu\lambda$, μ étant égal à :

$$\frac{\pi}{4} \times \frac{24^{mm}}{18^{mm}} \times \frac{30^{kg}}{24^{kg}} = 1,31 ;$$

et

$$\lambda = 4 \times 24^{mm} = 96^{mm}.$$

La résistance totale sera donc :

$$2,000 \times \frac{3,5}{4,5} + 0,096 \times 1,31,$$

$$1,554 + 0,126 = 1,68,$$

dont le rapport à la largeur de tôle intacte est 0,85 ; la résistance est par suite un peu inférieure à ce qu'elle est aux couples non étanches. Si l'on tient à réaliser la résistance relative 0,875, il suffira d'élargir la cale et d'ajouter une ligne de rivets en nombre plus faible, dont on calculera facilement le nombre.

Affaiblissements extérieurs aux joints. — Ordinairement, les pièces que l'on veut douer de la résistance maxima sont déjà affaiblies par leur jonction avec d'autres pièces, et il est, par suite, inutile de chercher à donner à leurs écarts une résistance propre supérieure. Ainsi, des fourrures de gouttière doivent être fixées sur les barrots par des rivets espacés de 8 diamètres environ; il est donc inutile de chercher à donner à leurs joints une résistance de plus de $\frac{7}{8}$, ou 0,875. Si on se reporte au tableau dressé plus haut, on voit qu'on ne pourra atteindre ce résultat, pour des tôles de 20 millimètres, qu'avec un double couvre-joint et 3 rangs de rivets pour le fer, 4 rangs pour l'acier, avec rivetage en fer. Il en est de même des lisses longitudinales, qui, à leur rencontre avec chaque couple, sont affaiblies par une ligne de rivets, et du vaigrage en tôle, qui est coupé transversalement par les lignes de rivets des membres.

D'une manière générale, aucune pièce longitudinale ou transversale ne pouvant être abandonnée à elle-même sur une grande longueur, sous peine de se gondoler sous des efforts de compression inverses de ceux qu'elle doit le plus souvent supporter, sa section est toujours réduite par la liaison avec des pièces perpendiculaires, ce qui limite la résistance à donner à ses écarts.

Évidements. — Il suit de là que, toutes les fois qu'on n'aura pas à rechercher l'étanchéité,



il conviendra d'alléger la pièce, en réduisant presque partout sa section à ce qu'elle est aux joints, en cherchant à l'amener à l'égalité de résistance sur toute sa longueur. Un gain assez notable pourra être réalisé de cette façon sur les lisses, carlingues et couples non étanches, sur les tôles gouttières, hiloires, quelquefois même sur les barrots. Cette disposition pourra conduire non seulement à une diminution de poids, mais encore à une augmentation de la résistance aux actions dynamiques, si importante pour un navire placé sur une mer agitée. Si on considère, en effet, une pièce entrant dans la construction, comme destinée à éteindre une force vive, par la combinaison de sa résistance et de son allongement élastique, on sait qu'on favorisera cet allongement, en lui donnant une section ou une résistance aussi uniforme que possible sur toute sa longueur.

C'est sur cette remarque qu'est basé le système imaginé par Sir Nathaniel Barnaby (1), (*pl.* 73, *fig.* 538), pour augmenter la résistance vive du bordé de pont à un effort d'extension, tout en économisant sur le prix de revient; il consiste, ainsi que nous l'avons indiqué précédemment, à ne pas mettre de couvre-joints aux écarts des tôles, et à laisser entre leurs abouts des interruptions, qui réduisent la résistance du bordé, pris dans son ensemble, de la même quantité que la ligne de trous de rivets placés sur les barrots. Ainsi, supposant les rivets espacés de 8 diamètres, ce qui réduit la résistance des tôles à $\frac{7}{8}$, on disposera celles-ci de manière que, sept tôles étant intactes dans chaque maille, la huitième soit interrompue, ce qui revient à donner aux tôles comme longueur huit intervalles de barrots. La section dans chaque maille est donc réduite à $\frac{7}{8}$, comme au droit de chaque barrot.

Les rivets espacés, qui réunissent la tôle interrompue aux barrots, ayant une résistance inférieure à celle de la tôle, on complète la tenue de son extrémité, en la prolongeant d'une certaine quantité, de manière que la somme des rivets, qui la relient au barrot, et aux tôles voisines, offre une section totale suffisante.

Ce système ingénieux ne s'est pas répandu; la nécessité de subdiviser la coque en compartiments prime l'augmentation de solidité qui en résulterait; on trouvera généralement plus avantageux d'avoir un pont complet et étanche.

Couvre-joints doubles. — On a vu dans ce qui précède, que pour augmenter la résistance du joint, sans avoir un trop grand nombre de rivets, on peut employer des couvre-joints doubles, et que l'espacement des rivets, d'après les usages de Lorient, est modifié dans ce cas. On pourrait répéter, avec des couvre-joints doubles, l'étude que nous venons de faire; on ferait travailler les rivets par double cisaillement, et on leur supposerait une résistance double, ou bien, ainsi qu'on le fait souvent, on multiplierait la section du rivet par le coefficient 1,75; il suffira par suite de remplacer μ par 2μ, ou $1{,}75\,\mu$, dans les calculs qui précèdent, pour trouver les résultats cherchés. On a vu plus haut que, pour porter la résistance à son maximum, il faut être maître de l'épaisseur du couvre-joint; on devra faire de même dans le cas des doubles couvre-joints; mais on verra plus loin que ceux-ci conviennent moins bien, quand il s'agit de coutures étanches à grande résistance. Rappelons que les nécessités de matage peuvent conduire à employer des rivets plus petits, que ceux que l'on associe généralement aux tôles que ces couvre-joints ont à réunir.

Joints étanches. — Dans un grand nombre de joints, l'étanchéité prime la résistance, et on ne peut l'obtenir que par un matage, qui nécessite un rapprochement des rivets nuisible à la résistance du joint; l'écartement maximum des rivets, compatible avec l'étanchéité, varie pour le fer de $4^{\text{diam}},5$ à 5 diamètres, de centre en centre. Pour l'acier, qui a plus de raideur, on peut arriver

(1) *Transactions of the Institution of Naval Architects*, 1866.

à $5^{diam},5$; on est même quelquefois allé jusqu'à 6 diamètres ; mais c'est une limite extrême qu'on fera bien de ne pas atteindre.

Telles sont les proportions à adopter pour la ligne voisine du matage, sur les bordés de carène, et les cloisons étanches. Pour les attaches des lisses aux couples étanches, qui ont un rôle moins important, on pourra admettre $5^{diam},5$, afin de ne pas trop découper des pièces, dont la solidité doit être, autant que possible, respectée.

Si l'on espace régulièrement les rivets sur toutes les lignes, la tôle conserve la même section sur chacune d'elles, et on n'a pas d'intérêt à faire le matage d'un côté ou de l'autre du joint. La résistance ne pourra jamais dépasser celle de la tôle à la dernière ligne de rivets, soit :

$$\frac{3,5}{4,5} = 0,777 \text{ pour le fer;}$$

$$\frac{4,5}{5,5} = 0,818 \text{ pour l'acier.}$$

Quand on dispose les rivets avec espacement inégal aux différentes lignes, on peut obtenir un petit accroissement de résistance; mais quand il s'agit du bordé, dont les lignes de joint longitudinales et transversales, les lignes d'attache avec les membres doivent se rencontrer, sans qu'il reste de place dégarnie de rivets, la distribution de ceux-ci offrira une assez grande complication, et, le plus souvent, on se bornera à établir l'égalité de résistance entre la totalité des rivets et la tôle à la dernière ligne, ce que fournit le Manuel de M. Godron.

Généralement d'ailleurs, quand il s'agit du bordé, on n'aura pas besoin de donner aux joints une résistance supérieure; il ne convient pas, en effet, de considérer isolément la virure affaiblie par un écart, il faut examiner l'ensemble de cette tôle et des virures contiguës, non interrompues, qui sont conjuguées à elle, par le rivetage des joints et celui des membrures.

Le couvre-joint d'une virure de placage a toute la hauteur de la virure qu'il complète ; il n'en est pas de même de celui d'une virure de recouvrement, qui a une hauteur moindre de la somme des recouvrements des joints longitudinaux. Avec la disposition la plus usitée, dans laquelle il y a, entre deux écarts, deux virures non interrompues, on n'aura donc une valeur exacte de la résistance du bordé à l'extension, qu'en prenant 6 virures consécutives, comprenant deux écarts, l'un de placage, l'autre de recouvrement.

Prenons pour exemple un bordé en tôles de 18 millimètres, larges de 1 mètre (*pl.* 100, *fig.* 704). Les recouvrements étant de 12 centimètres environ, le couvre-joint de la tôle de recouvrement n'aura que $0^m,76$, et on aura, au droit des écarts :

Quatre virures non interrompues de	4 mètre
Un couvre-joint de	1 —
Un couvre-joint de	76 centimètres

Si on admet des rivets de 24 millimètres, espacés de $3^{diam},79$, on aura comme largeur résistante de tôle :

$$4 + (1 + 0,76)\frac{2,79}{3,79} = 5,29,$$

ou une résistance relative de :

$$\frac{5,29}{6} = 0,881.$$

Or, à tous les couples, le rivetage à 8 diamètres réduit la résistance de la tôle à $\frac{7}{8}$, soit 0,875.

On voit par suite que, pour l'ensemble du bordé, la résistance assurée par les règles de Lorient est largement suffisante, d'autant plus que, pour les tôles de moindre épaisseur, dans lesquelles le rapport $\frac{d}{e}$ est plus élevé, la résistance relative des écarts est encore plus forte.

On peut étudier cette question avec plus de précision, en examinant les divers modes de rupture qui peuvent se produire, suivant qu'une ou plusieurs des tôles voisines se déchirent suivant la ligne faible, passant par les rivets qui les fixent aux membres voisins, et cèdent, en outre, depuis les membres jusqu'à l'écart, soit par déchirure, soit parce que les rivets des joints sont guillotinés. Dans ce cas, la résistance sera d'autant plus grande que l'écart sera placé plus loin des membres; c'est pourquoi on le met généralement au milieu de la maille.

Examinons, par exemple, en supposant un bordé de même épaisseur que dans l'exemple qui précède, la résistance suivant la ligne ABCDEF. Elle se compose de la résistance, réduite aux $\frac{7}{8}$, des deux tôles M et N, larges de 1 mètre, de la résistance du couvre-joint, large de $0^m,76$, et dont les rivets sont espacés de $3^{diam},79$, enfin de celle des rivets ou de la tôle, suivant la ligne BC + ED, c'est-à-dire :

$$2 \times \frac{7}{8} + 0,76 \times \frac{2,79}{3,79} + 2\,BC \times \frac{2,79}{3,79},$$

si on suppose la déchirure longitudinale de la tôle, suivant les deux lignes de rivets qui bordent le haut et le bas ; ou bien :

$$2 \times \frac{7}{8} + 0,76 \times \frac{2,79}{3,79} + 4\,\frac{BC}{3,79}\mu,$$

si on suppose le cisaillement des rivets des 4 lignes, μ étant égal à 1,31 dans le cas actuel.

On voit immédiatement que le cas du cisaillement des rivets sera le plus défavorable, et qu'on a pour résistance minima :

$$1,75 + 0,56 + 1,38\,BC = 2,31 + 1,38\,BC.$$

La résistance au droit des membres étant $3 \times \frac{7}{8} = 2,62$, il faudrait, pour obtenir l'égalité, que l'on eût :

$$2,31 + 1,38\,BC \geq 2,62;$$

$$BC \geq \frac{0,31}{1,38};$$

$$BC \geq 0,225.$$

Avec l'épaisseur de 18 millimètres pour le bordé, la rangée de rivets la plus éloignée de l'écart en est à une distance égale à $3^{diam},5 + 5$ millimètres, soit, pour des rivets de 24 millimètres, 89 millimètres, en adoptant les règles de Lorient. Il faut donc, pour que ce mode de rupture ne donne pas une résistance insuffisante, que l'écartement d'axe en axe des membres ne soit pas inféférieur à 2 (0,225 + 0,089), soit $0^m,63$.

En suivant les règles du Veritas, les rivets auraient 23 millimètres, et, si le rivetage est fait en chaîne, la rangée extérieure serait à $0^m,103$ de l'écart; il faudrait donc une maille égale à 2 (0,225 + 0,103), soit 0,656. La distance de gabariage en gabariage, pour les navires dont le bordé atteint 18 millimètres, n'est, d'après les règles de cette Société, que de $0^m,61$; les mailles étroites ont donc à cet égard un inconvénient qui mérite examen.

La discussion des divers modes de rupture du bordé a été longuement étudiée dans le traité de construction des navires en fer et en acier, de Sir Edward Reed; nous nous contenterons de remarquer qu'elle se simplifie beaucoup, si on a des écarts d'égale résistance, puisqu'on n'a plus à considérer séparément les divers cas de rupture de l'écart, par déchirure de la tôle, du couvre-joint et cisaillement des rivets.

Doubles bordés. — Sur les cuirassés récemment construits ou en chantier, le bordé sous cuirasse est en deux épaisseurs, ainsi que celui du pont cuirassé. Quelquefois les tôles des deux plans ont leur longueur dans le même sens, les joints transversaux et longitudinaux étant décroisés; quelquefois les longueurs sont placées à angle droit, et, dans ce cas, les barrots ou les membres, s'ils sont en acier doux, et résistants dans le sens transversal, servent de couvre-joint à l'un des plans. Quelquefois, enfin, toutes les tôles sont disposées transversalement, leur longueur parallèle aux barrots ou aux membres, qui leur servent de couvre-joint; la largeur uniforme des tôles est de deux écartements de membres ou de barrots.

Quand on emploie le premier système, en supposant des barrots écartés de $1^{m},20$, on peut adopter la disposition représentée par la figure 705 (*pl.* 100), avec des tôles de $4^{m},80$ environ de longueur; les écarts des deux plans se placent alternativement dans chaque maille, et, entre deux écarts d'un même plan, passe une tôle intacte. Une section faible inévitable se trouve au droit de chaque barrot; les rivets sont espacés de 8 diamètres, ce qui donne une résistance relative de $\frac{7}{8} = 0,875$.

Supposons d'abord, ainsi qu'il semble naturel de le faire, que l'on rive l'écart suivant les règles de Lorient, avec un couvre-joint à deux rangs de rivets, placé par-dessous. Si, pour fixer les idées, nous supposons des tôles d'acier de 15 millimètres, les rivets de chaque rang seront espacés de $3^{diam},04$, et en considérant deux tôles de chaque plan, comprenant un écart, ce qui suffit pour déterminer la force du joint, on trouvera, pour la section résistante suivant *cd* :

Tôles intactes, 2 largeurs, section résistante	$= 2,00$
Tôle écarvée, 1 largeur, section résistante $\frac{1 \times 2,04}{3,04}$	$= 0,671$
Tôle traversée par les rivets de l'écart, 1 largeur, section résistante .	$= 0,671$
Résistance relative $\frac{2 + 2 \times \frac{2,04}{3,04}}{4}$	$= 0,835$

On est donc au-dessous de la résistance relative au droit des barrots 0,875, la tôle continue, chargée par elle-même, ne pouvant compter comme un second couvre-joint. Si, pour améliorer la résistance, on place au droit de l'écart un second couvre-joint, ce qui ne sera possible que s'il n'y a pas de blindage appliqué directement sur le bordé, on aura des rivets travaillant par double section, auxquels on pourra donner un espacement de $4^{diam},84$, ce qui portera la résistance relative à la valeur :

$$\frac{2 + 2 \times \frac{3,84}{4,84}}{4} = 0,896,$$

supérieure à ce qu'elle est au droit des barrots.

Supposons maintenant que, conservant le couvre-joint simple, on veuille arriver, en



augmentant la longueur des tôles, et diminuant par suite la fréquence des écarts, à la résistance relative 0,875; désignons par :

$a+2b$ le nombre de tôles des deux plans, qui, dans une même maille, forment une période complète;

a le nombre des tôles intactes;

b le nombre des tôles écarvées, dont la résistance relative est 0,671;

b le nombre de tôles traversées par les rivets de l'écart, réduites de même à 0,671.

La résistance relative devra satisfaire à la condition :

$$\frac{a+2\times 0,671\,b}{a+2b} \geq 0,875$$

$$0,125\,a \geq 0,408\,b$$

$$\frac{a}{b} \geq \frac{408}{125} \geq 3,25;$$

inégalité satisfaite pour $a=4$, $b=1$.

Il faudrait donc n'avoir qu'un écart pour 6 virures des deux plans, ce qui conduirait à donner comme longueur aux tôles 6 écartements de membres; en supposant l'écartement de 0^m,60, on arriverait à une longueur de 3^m,60; mais si les barrots étaient écartés de 1^m,25, comme sur l'Amiral-Duperré par exemple, on aurait des longueurs de 7^m,50, qui seraient trop fortes.

Supposons maintenant qu'on supprime totalement les rivets de l'écart, ainsi que les couvre-joints, désormais inutiles; on aura pour la résistance relative :

$$\frac{a+b}{a+2b};$$

et si on veut qu'elle atteigne 0,875, on aura l'égalité :

$$\frac{a+b}{a+2b}=0,875,$$

$$0,125\,a=0,750\,b,$$

$$\frac{a}{b}=6.$$

C'est-à-dire qu'il faudra n'avoir qu'un écart sur 8 tôles, prises dans les 2 plans, et par suite donner aux tôles une longueur de 8 écartements de barrots.

On voit qu'avec des longueurs encore modérées, on pourra supprimer les rivets de l'écart et ne maintenir les tôles que par des rivets très espacés, tels que ceux qui forment le capitonnage. Dans ces conditions, si une tôle seulement passe entre deux écarts, ainsi que nous l'avons supposé en premier lieu, on arrivera à la résistance relative :

$$\frac{2+1}{4}=0,75.$$

Cette disposition toutefois n'est admissible que si la longueur de chaque tôle est suffisante, pour que les rivets des joints longitudinaux et les rivets du capitonnage, compris entre son extrémité libre et la section considérée dans un écart voisin, aient une résistance équivalente à la sienne, au droit d'un barrot.

Supposons maintenant un plan de tôles transversales (*pl.* 100, *fig.* 706), et un plan de tôles longitudinales, placés sur des barrots d'épaisseur égale à celle des tôles; donnons aux barrots les mêmes écartements, et aux tôles les mêmes longueurs que dans le cas précédent. Nous ne pouvons envisager les tôles longitudinales comme formant avec le barrot un double couvre-joint; elles supportent déjà une tension indépendante du cisaillement des rivets, et on ne peut considérer ceux-ci que comme travaillant par cisaillement simple. Si, ainsi qu'on pourrait être tenté de le faire, on fixait leur écartement de manière à leur donner la même résistance qu'à la tôle transversale, réduite par leurs trous, on serait obligé, avec les épaisseurs considérées précédemment, de les placer à $2^{\text{diam}},08$, ce qui réduirait la section résistante des tôles longitudinales et du barrot à $\frac{1,08}{2,08} = 0,519$, et la résistance au droit du barrot en *ab* ne serait que 0,519 de ce qu'elle est en *cd*, où les deux tôles sont intactes. Le rivetage étant d'égale résistance, il est inutile d'examiner le cas où il y aurait en même temps déchirure de la tôle longitudinale et cisaillement des rivets.

Espaçons d'un écartement plus considérable ces rivets, qui par suite ne seront plus d'égale résistance avec la tôle qu'ils fixent, et examinons la résistance au droit d'un des écarts des tôles longitudinales, qui, avec une longueur de $4^{m},80$, ne se retrouveront que toutes les quatre virures, en *ef* par exemple. Supposons que cet écart n'ait ni couvre-joint, ni rivets, pour ne pas réduire la section de la tôle transversale qui le croise.

Au droit d'un écart, nous trouvons : 1° une tôle longitudinale coupée; 2° trois tôles longitudinales intactes, suffisamment conjuguées avec les voisines, par les rivets des joints longitudinaux et ceux du capitonnage, pour que nous puissions faire abstraction de l'affaiblissement, qui résulte de la suppression de leurs attaches aux extrémités; 3° une tôle transversale ayant la largeur de quatre tôles longitudinales, à laquelle nous ne pouvons supposer une résistance supérieure à celle de ses rivets d'attache sur barrots; si nous prenons pour unité la largeur d'une tôle longitudinale, le nombre des rivets d'attache sera $\frac{4}{md}$, et la largeur de tôle équivalente $\frac{4\mu}{m}$.

La résistance totale des quatre virures sera donc : $3 + 4\frac{\mu}{m}$.

Au droit des barrots, il peut y avoir soit déchirure de deux épaisseurs, soit déchirure de la tôle continue et cisaillement des rivets. Ce dernier cas est évidemment le plus défavorable, puisqu'on dépasse l'écartement normal des rivets. Pour la largeur de quatre virures, la résistance sera :

$$4\frac{m-1}{m} + 4\frac{\mu}{m}.$$

On devra donc poser, pour l'égalité de résistance :

$$3 + 4\frac{\mu}{m} = 4\frac{m-1}{m} + 4\frac{\mu}{m};$$

d'où on tirera :

$$m = 4.$$

Avec les dimensions données, $d = 24^{mm}$, $\mu = 0,96$, on a :

$$\rho = \frac{3 + 4 \times \frac{0,96}{4}}{8} = 0,495;$$

d'où une résistance bien plus faible que dans le cas précédent.

Si on n'a pas à superposer directement aux tôles un blindage, on peut en améliorer la résistance, en plaçant au droit des barrots un couvre-joint extérieur. Les rivets, dans ce cas, travailleront par double section, et on aura pour résistance au droit d'un écart :

$$3+\frac{8\mu}{m}.$$

La discussion des divers modes de rupture, au droit d'un barrot, fait voir qu'avec les dimensions de tôles et de rivets du présent exemple, celui qui exige le moindre effort est la déchirure du plan de tôles longitudinales, accompagnée d'un double cisaillement des rivets. L'effort nécessaire sera :

$$4\frac{m-1}{m}+8\frac{\mu}{m}.$$

La relation d'égalité entre les deux résistances deviendra :

$$3+8\frac{\mu}{m}=4\frac{m-1}{m}+8\frac{\mu}{m};$$

d'où on tirera :

$$m=4,$$

et la résistance relative finale sera :

$$\rho=\frac{3+8\times\frac{0,96}{4}}{8}=0,615.$$

Supposons enfin les deux plans transversaux (*pl.* 100, *fig.* 707); dans ce cas, chacun d'eux n'aura comme résistance, au milieu de la maille, que celle de ses rivets d'attache sur les membres ; il conviendra donc de les rapprocher, autant qu'on le pourra, sans réduire la résistance de la tôle à une valeur inférieure à celle des rivets; ceux-ci ne travaillent que par cisaillement simple, la tôle non coupée ne pouvant, pas plus que dans le cas précédent, être considérée comme un couvre-joint.

Si l'on prend une largeur de tôle égale à l'unité, le nombre des rivets sur cette largeur sera $\frac{1}{md}$, et la somme de leurs diamètres :

$$\lambda=\frac{1}{m};$$

la largeur de tôle équivalente sera :

$$\frac{\mu}{m}.$$

Le joint peut rompre:

1° Par rupture de deux épaisseurs suivant la ligne des rivets; défalcation faite des trous, la résistance sur l'unité de longueur du joint est :

$$2\frac{m-1}{m}.$$

2° Par déchirure de la tôle continue, réduite à une résistance $\frac{m-1}{m}$, et cisaillement des rivets, dont la résistance, convertie en largeur de tôle, est :

$$\frac{\mu}{m}.$$

Il y aura donc égalité de résistance, si on a :

$$2\frac{m-1}{m}=\frac{m-1}{m}+\frac{\mu}{m};$$

$$\frac{m-1}{m}=\frac{\mu}{m};$$

$$m=1+\mu=1,96;$$

et la résistance relative sera :

$$\frac{0,96}{1,96}=0,489;$$

résultat encore plus défectueux que le précédent.

Si on avait la possibilité de placer au droit des barrots un couvre-joint extérieur, les rivets travailleraient par double section, et on obtiendrait :

$$m=1+2\mu=2,92;$$

$$\rho=0,657.$$

On peut résumer ces résultats de la manière suivante :

1° Deux plans longitudinaux. Un écart entre deux tôles intactes . . .	Écarts rivés, couvre-joint simple.	0,835
2° — — — . . .	Écarts non rivés	0,750
3° Un plan transversal rivé sur barrots; un plan longitudinal avec tôles de même longueur que dans le cas précédent	Sans couvre-joint sur les barrots.	0,495
4° Un plan transversal rivé sur barrots; un plan longitudinal avec tôles de même longueur que dans le cas précédent	Avec couvre-joint sur les barrots.	0,615
5° Deux plans transversaux décroisés, rivés sur barrots	Sans couvre-joint.	0,489
6° — — —	Avec couvre-joint.	0,657

D'ailleurs les deux dernières dispositions, outre qu'elles diminuent considérablement la résistance longitudinale, ont aussi le défaut de réduire d'une manière fâcheuse la résistance des pannes des barrots à la flexion, par les trous multipliés des rivets qui les traversent, et cet inconvénient est plus grave que l'affaiblissement longitudinal. Dans tous les cas, des rivets écartés doivent assurer la solidarité des deux plans, dans les espaces laissés libres par les écarts, les joints et les boulons de blindage.

Lisses et membrures, cloisons étanches. — Dans les cloisons, les membrures et les lisses étanches, la continuité de la résistance détermine le nombre des rivets, l'étanchéité commande leur écartement à la ligne de rivets la plus rapprochée du bord qui doit être maté.

De cette dernière condition il résulte qu'on ne pourra faire usage de joints à grande résistance dans ce cas, qu'à la condition d'employer un couvre-joint unique convenablement épaissi. Si en effet on employait un double couvre-joint, ce sont les bords des couvre-joints qui devraient être matés; l'écartement des rivets de la ligne la plus éloignée du bord de la tôle serait donc au plus, s'il s'agit d'acier, de $5^{\text{diam}}, 5$, et la résistance ne pourrait dépasser $\frac{4,5}{5,5}=0,818$.

Si au contraire on emploie un couvre-joint simple, ce sont les rivets voisins du bord de la tôle, qui sont assujettis à ce rapprochement, et il suffira de faire croître l'écartement suivant la loi indiquée plus haut, pour obtenir la résistance que l'on jugera nécessaire, pourvu qu'on puisse placer un nombre de rangées suffisant.

Ainsi, quand il s'agit de cloisons étanches, formées de tôles verticales réunies sur les montants, il vaudra mieux renforcer ceux-ci, rendre les T, qui s'appliquent sur les tôles, plus épais qu'elles, et assez larges pour recevoir deux rangs de rivets, que d'avoir recours à un couvre-joint en tôle, placé à l'opposé du montant. Dans ce dernier cas, les rivets, qu'ils soient placés sur une ou deux lignes, ne peuvent donner que la résistance correspondant à l'étanchéité, soit 0,818.

Jonction des fers profilés bout à bout. — Actuellement, dans toutes les constructions soignées, quand une pièce continue, telle que la cornière droite ou renversée d'une membrure, telle qu'un barrot, ne peut être exécutée, vu sa longueur, d'une seule barre de fer profilé, il est d'usage de réunir les deux pièces qui la constituent, au moyen de couvre-joints.

Quand il s'agit d'un barrot, il faut le considérer isolément, et chercher, au moyen de couvre-joints, appliqués sur l'âme et sur les semelles, à former un joint de résistance aussi grande que possible.

Prenons comme exemple dans ce cas (*pl.* 101, *fig.* 708) un barrot en acier de 300 millimètres de haut, 135 millimètres de panne, 11 millimètres d'épaisseur à l'âme, $16^{mm},5$ aux pannes. Pour l'âme, nous placerons un double couvre-joint, tenu par des rivets de 20 millimètres, et, pour avoir la résistance maxima, nous ne placerons à la rangée extérieure qu'un rivet. La valeur de μ est de 1,07; la somme des diamètres des rivets nous sera donnée, la hauteur de l'âme étant de 267 millimètres, et les rivets ayant un double cisaillement, par l'équation :

$$2\mu\Sigma\lambda = 267 - 20;$$

$$\Sigma\lambda = \frac{247}{2,14} = 115.$$

Nous avons donc besoin de six rivets ; nous placerons à la ligne extérieure un rivet, deux à la suivante, trois à la troisième, et la résistance de l'âme sera réduite à :

$$\frac{247}{267} = 0,925.$$

L'épaisseur du couvre-joint, qui doit offrir une résistance équivalente, sera calculée sur la troisième ligne de rivets, au moyen de l'égalité :

$$2\,e'(267 - 3 \times 20) = 11 \times 247,$$

$$e' = 6^{mm},6.$$

Si le barrot ne porte pas un pont en tôle, on pourra river dessus et dessous une plate-bande en acier, tenue sur chaque panne par une ligne de rivets. La somme de ces rivets doit donner une résistance équivalente à celle de la panne, à l'endroit où elle est affaiblie par un rivet. La panne, ayant $16^{mm},5$ d'épaisseur, recevra des rivets de 26 millimètres; la valeur de μ sera 0,93, et le nombre de rivets, placés de chaque côté du joint, sera donné par l'équation :

$$0,93\Sigma\lambda = 109$$

$$\Sigma\lambda = 117$$

Nombre de rivets 5

En plaçant les rivets à 3 diamètres et en quinconce, le couvre-joint aura 490 millimètres, et on lui donnera comme épaisseur celle de la panne, $16^{mm},5$.

La résistance relative des pannes sera $\frac{109}{135} = 0,807$.

Si l'on ne pouvait pas placer la plate-bande supérieure, elle serait remplacée par le bordé du pont, qui donnerait une résistance équivalente.

Jonction des cornières. — Quand il s'agit de cornières rivées sur d'autres pièces, il ne convient pas de considérer uniquement la cornière ; il faut envisager l'ensemble de la résistance de toutes les pièces qui sont conjuguées, et qui, chacune à leur tour, ont leur résistance réduite dans une certaine mesure, mais en des points différents, si les écarts sont convenablement décroisés.

Considérons par exemple une carlingue centrale continue (*pl.* 101, *fig.* 709), formée d'une tôle d'acier ayant 900 millimètres de haut, 18 millimètres d'épaisseur, bordée à la partie inférieure de deux cornières de $150 \times 150 \times 18$, et à la partie supérieure de deux cornières de $75 \times 75 \times 10$. Cette carlingue reçoit le pied de couples étanches, qui lui sont reliés par deux cornières, dont les rivets, espacés au maximum à 6 diamètres, la découpent de manière à réduire la section à $\frac{5}{6}$. Au droit de ces couples, la section totale de la lisse sera donc :

Tôle	$\frac{5}{6} \times 900 \times 18$	$= 13500^{mm^2}$
Cornières inférieures	$2 \times (2 \times 150 - 18) 18$.	$= 10152$
Cornières supérieures	$2 \times (2 \times 75 - 10) 10$.	$= 2800$
	Total.	26452

Au point où l'une des cornières de 150 sera seule interrompue, on aura pour section :

Tôle	900×18.	$= 16200^{mm^2}$
Cornière inférieure	$1 \times (2 \times 150 - 18) 18$.	$= 5076$
Cornières supérieures	$2 \times (2 \times 75 - 10) 10$.	$= 2800$
	Total.	24076

Il suffirait donc de donner au couvre-joint une section de $26452 - 24076 = 2376$ millimètres carrés, que l'on obtiendra facilement, au moyen d'une plate-bande de $23^{mm},5 \times 130$, placée en dessus de l'aile horizontale de la cornière. Remarquons d'ailleurs qu'on n'a pas tenu compte du galbord, qui vient former en partie couvre-joint, et ajouter sa résistance à celle de la lisse.

Il faut mettre les rivets en harmonie avec le couvre-joint, et on obtiendra l'égalité de résistance, en posant, les rivets ayant 28 millimètres :

$$\mu \Sigma \lambda = 130 - 28 = 102,$$

et, μ étant égal à 0,93,

$$\Sigma \lambda = \frac{102}{0,93} = 110.$$

Il suffira donc de placer quatre rivets de chaque côté de l'écart.

A l'écart d'une cornière supérieure on aurait :

Tôle	900×18.	$= 16200^{mm^2}$
Cornières inférieures	$2 \times (2 \times 150 - 18)$.	$= 10152$
Cornière supérieure	$1 \times (2 \times 75 - 10)$	$= 1400$
	Total.	27752

Cette section est notablement supérieure à celle de la lisse aux couples étanches ; un couvre-



joint ne sera pas indispensable, ces cornières étant fortement reliées d'un bout à l'autre par le vaigrage; il est cependant d'usage d'en mettre un.

Jonction de la membrure et du bordé. — Il nous reste enfin à donner quelques indications sur la jonction des barrots et des membres avec les revêtements intérieurs et extérieurs.

Le calcul ne peut donner aucune indication des efforts de glissement qui peuvent se produire, et auxquels les rivets doivent résister; des usages seuls peuvent être indiqués. On peut d'ailleurs se contenter de rivets assez écartés, ce qui, outre une économie de main-d'œuvre, conserve une solidité plus grande aux pièces que l'on assemble. Les règles suivantes sont extraites du Manuel de M. Godron.

La liaison du bordé de carène avec la membrure et les lisses peut être réglée à un écartement de 8 diamètres.

Un plafond de tôle peut être rivé sur barrots à 6 ou 7 diamètres.

Le vaigrage étanche des bâtiments à double coque doit pouvoir résister à des efforts de décollement; on devra espacer les rivets de 5 diamètres.

Les cornières et tôles, qui forment des membres ou des barrots, peuvent être convenablement réunies par des rivets espacés de 5 à 6 diamètres. Mais, quand il y a jonction bout à bout de ces tôles et de ces cornières, il faut avoir recours au rivetage d'égale résistance.

Rivetage en acier. — Pendant bien des années, le rivetage en acier a été considéré comme n'offrant aucune sécurité, les rivets arrivant à des tensions très inégales, et cassant d'une manière irrégulière, sans qu'on pût attribuer ces inconvénients au mode de mise en place. Il était cependant bien tentant de chercher à augmenter la résistance des assemblages, par l'emploi de rivets d'un plus petit diamètre, avec la même force, et d'augmenter par suite la portion intacte des pièces assemblées.

De nombreux essais dans ce sens ont été faits en France par M. le directeur des constructions navales Mangin, et plus tard par M. Godron. Les essais de M. Mangin, faits probablement avec des aciers susceptibles de trempe, ont donné des résultats très irréguliers; ceux de M. Godron, sur des aciers doux du Creusot, n'ont révélé aucune supériorité de résistance, qui puisse contrebalancer les difficultés de travail inhérentes aux rivets en acier, difficultés qu'un usage plus fréquent donnerait probablement le moyen de surmonter; aussi jusqu'à ces dernières années n'a-t-on employé dans les arsenaux français que le rivet de fer pour les gros diamètres. En Angleterre, où la construction des navires en acier, même pour le commerce, s'est répandue, on a moins hésité à faire usage de rivets du même métal, et c'est la pratique courante de quelques chantiers de l'industrie. Les arsenaux anglais toutefois se sont contentés de rivets en fer, même pour les bordés extérieurs en acier, sur les bâtiments tels que l'Iris et le Mercury.

On pensait cependant, avec quelque vraisemblance, que la juxtaposition dans l'eau de mer de métaux différents, tels que le fer et l'acier, devait donner lieu à des courants galvaniques, et produire une altération rapide de la coque. Des expériences en petit, faites à Lorient, ont semblé démontrer le contraire; cependant l'oxydation prononcée des bordés en acier, tels que celui du Tromblon, en France, de l'Iris et du Mercury, en Angleterre, ont fait penser que ces expériences ne sont pas concluantes, et qu'il y avait intérêt à poursuivre de nouveaux essais.

L'emploi du rivet en acier nécessitera toujours plus de soin et d'habileté que l'emploi du rivet en fer. Un chauffage trop prolongé, une température dépassant le rouge cerise suffisent pour que la matière soit altérée et que la tête se forme mal. Il importe de faire le rivetage aussi vite que possible et avant le rouge sombre, température à laquelle la résistance de l'acier aux chocs est

notablement réduite; on réalisera facilement cette condition, toutes les fois qu'on pourra faire usage de machines, qui écrasent le rivet d'un seul coup. Ces difficultés sont vaincues, même pour le rivetage à la main de rivets atteignant jusqu'à 24 millimètres, dans la construction actuellement en cours des canonnières cuirassées.

On peut se demander quelle sera l'augmentation de résistance, qui résultera de l'emploi de rivets en acier; il suffira d'introduire dans les formules de M. Godron la valeur de la résistance du rivet d'acier au cisaillement, que l'on peut estimer, s'il s'agit d'acier très doux, à 35 kilogrammes. On aura dans ce cas, pour n rangs de rivets, L étant la longueur du joint :

$$n \times \frac{L}{m'd} \times \pi \frac{d^2}{4} \times 35 = L \times \frac{m'-1}{m'} \times e \times 40;$$

$$m' - 1 = n \times 0,69 \frac{d}{e}.$$

On a trouvé plus haut pour les tôles d'acier, rivées avec des rivets en fer :

$$m - 1 = n \times 0,6 \frac{d}{e}.$$

Si on conserve le même rapport $\frac{d}{e}$, on voit que la portion intacte de la tôle est augmentée dans le rapport $\frac{69}{60} = 1,15$, qui, le joint étant d'égale résistance, caractérise le bénéfice obtenu.



CHAPITRE XXXI.

BLINDAGE.

Historique. — La nécessité de recouvrir les murailles des bâtiments d'une matière impénétrable aux projectiles s'est fait sentir de bonne heure. Sans remonter aux boucliers, que les Normands disposaient sur les côtés de leurs barques, à la caraque blindée en plomb des chevaliers de Saint-Jean de Jérusalem, construite pour l'attaque de Tunis, on peut citer, comme première tentative, les batteries flottantes du chevalier d'Arçon, construites pour le siège de Gibraltar (1782). Leur revêtement en bordages de bois dur, renforcé de fer, recouvert de liège et de cuir, humecté par une circulation d'eau, ne les préserva pas de l'incendie, et ce ne fut que lors de la guerre de Crimée (1854), que les batteries flottantes Lave, Tonnante et Dévastation réalisèrent les premières ce que les essais précédents n'avaient pas donné, l'impénétrabilité de la muraille aux projectiles alors en usage. Depuis lors, de nombreux navires cuirassés ont été construits; les progrès continuels de la puissance d'attaque de l'artillerie ont toujours été en croissant, et, par une conséquence forcée, il a fallu augmenter sans cesse l'épaisseur des blindages, qui, de 11 centimètres à l'origine sur la batterie flottante la Dévastation, est arrivée sur quelques navires au chiffre énorme de 61 centimètres (Inflexible).

Surface blindée. — L'obligation d'accroître dans une si forte proportion l'épaisseur et le poids de l'unité de surface du blindage, a conduit d'une part à augmenter les dimensions des coques, de l'autre à restreindre la région protégée. Sur les premiers cuirassés de haute mer, où le poids de la cuirasse, épaisse de 12 à 15 centimètres, ne dépassait pas 16 0/0 du déplacement, on a pu développer la cuirasse de bout en bout, sur toute la hauteur de l'œuvre morte, et la faire descendre à 2 mètres ou 2^m,50 au-dessous de la flottaison.

Avec les cuirasses de 20 et 22 centimètres, devenues bientôt indispensables, il a fallu sacrifier la protection des œuvres mortes aux extrémités, et limiter les parties blindées à une ceinture et un blockhaus central. Réduite de cette manière, la cuirasse atteint déjà 19 0/0 du déplacement.

Enfin avec les cuirasses de 40 et 55 centimètres nécessaires aujourd'hui, on arrive à employer en protection de 26 à 39 0/0 du déplacement; encore abandonne-t-on le réduit central, et se borne-t-on à défendre la flottaison et la grosse artillerie, placée dans des tourelles, et à empêcher les ravages des coups plongeants, en blindant un pont. Quelquefois même on renonce totalement au blindage, et on a recours soit à l'établissement de cellules de peu d'étendue, contenant des matières encombrantes, qui entravent l'introduction de l'eau, soit à des *cofferdams*, espaces remplis

de cellulose, substance qui absorbe l'eau par capillarité en foisonnant, et ferme en partie la brèche ouverte par le projectile.

Nous indiquons dans le tableau suivant les épaisseurs maxima à la flottaison du blindage, et le rapport du poids du blindage au déplacement, pour les principaux types de la flotte cuirassée française.

NOMS DES NAVIRES.	ÉPAISSEUR maxima.	RAPPORT du poids du blindage au déplacement.
Héroïne	15cm	15,7 0/0
Flandre	15	16,3
Richelieu	22	19,3
Redoutable	35	28,3
Dévastation	38	27,3
Amiral-Duperré	55	26,2
Hoche	45	31,7
Formidable	55	34,6
Indomptable	50	37,3
Tonnerre	33	36,4
Tempête	33	39,0
Alma	15	18,6
La Galissonnière	15	17,5
Duguesclin	25	24,7

Les dispositions des surfaces blindées sont donc très variées, et ce serait faire l'histoire complète des navires cuirassés que de les décrire. On rencontre une variété presque égale dans la constitution des blindages, et de nombreux inventeurs y ont trouvé l'occasion, sinon de rendre les navires invulnérables, du moins de prendre des brevets.

Modes divers de cuirassement. — Sur les premiers navires cuirassés, comme d'ailleurs sur la plupart de ceux qui ont suivi jusqu'à présent, la cuirasse se composait d'une seule épaisseur de fer, appliquée sur un fort matelas en bois de teak, essence choisie comme la moins susceptible d'oxyder les plaques et leurs attaches. Les craintes exprimées au début sur la conservation du matelas ne se sont pas réalisées, et l'emploi du teak, généralement en pièces longitudinales, quelquefois en deux plans croisés, a toujours donné de bons résultats. On a d'ailleurs toujours soin d'interposer entre le matelas et les plaques une couche de feutre goudronné, et de calfater à refus les joints des plaques.

L'insuffisance de l'outillage de l'industrie a quelquefois conduit à confectionner ces blindages en superposant une série de tôles réunies par des rivets; c'est ainsi qu'ont été blindés la plupart des cuirassés américains, à l'époque de la guerre de Sécession; mais l'expérience a prouvé l'infériorité de ces plaques, vis-à-vis de celles de même épaisseur et d'un seul morceau, et cette disposition a été abandonnée, sauf quand il s'agit d'abris spéciaux, destinés à protéger la commande du gouvernail, le commandant et les passages des munitions.

Néanmoins on a quelquefois craint que l'exagération des épaisseurs ne permit pas d'obtenir des plaques de résistance suffisante; on a préféré à un blindage unique de grande épaisseur la superposition de deux blindages plus minces, espérant compenser et au delà, par la qualité supé-

rieure, la diminution de résistance qui résulte de la subdivision de l'épaisseur; tel est le cas de la cuirasse de l'Inflexible, dont l'épaisseur maxima atteint 61 centimètres. Un matelas doit toujours être interposé entre les deux plans, qui sans cela ne porteraient pas exactement l'un sur l'autre.

Renforcement sous cuirasse. Stringers. — Enfin on a souvent espéré obtenir une résistance meilleure, à poids égal, en affectant une fraction du poids du blindage à la consolidation du matelas et de la coque. Sur la Couronne (*pl.* 101, *fig.* 710), on a employé dans ce but une série de cornières verticales, à cheval sur lesquelles se plaçaient des étriers, rivés avec des lattes longitudinales. Sur le Kalamazoo (*pl.* 101, *fig.* 711), monitor américain, revêtu de deux épaisseurs de plaques superposées, sans matelas interposé, on a encastré dans le matelas des barres longitudinales massives. Aujourd'hui, sur beaucoup de bâtiments (*pl.* 101, *fig.* 712), on a recours à des fers profilés, rivés longitudinalement sur le bordé en tôle, et comprenant entre eux des virures de matelas, qu'ils empêchent de s'écraser trop fortement sous le choc des projectiles. Il importe que ces fers profilés soient d'un échantillon inférieur à l'épaisseur du matelas, sans quoi l'effort dû au projectile serait immédiatement transmis de la cuirasse à la coque, sans que l'élasticité du matelas fût mise en jeu, et éteignit une partie de la force vive du choc. Ces fers profilés, cornières, fers à T, fers Zorès, se trouvent sous le blindage d'un grand nombre de cuirassés étrangers, et de quelques cuirassés français, le Tonnerre, par exemple. Même sur les navires qui n'en sont pas pourvus sur toute l'étendue du blindage, on en place aux points que l'on veut spécialement renforcer, à l'avant, au voisinage des sabords; pour ces derniers, on emploie aussi des encadrements en fer forgé, qui reçoivent et soutiennent à l'intérieur le bord des plaques qui entourent le sabord.

Métaux employés. — Nous n'avons pas dans ce cours à décrire les divers procédés de fabrication des plaques de blindage; nous nous bornerons à rappeler qu'au début les plaques ont été constituées de barres de fer soudées le plus souvent par martelage; depuis lors l'établissement de puissants trains à blindage a permis de les obtenir par le laminage, au bénéfice de la régularité de la résistance.

Plus récemment, la fabrication des plaques en acier martelé du Creusot, adoptées sur un certain nombre de bâtiments, Requin, Furieux, Terrible, etc., l'introduction des plaques dites *compound*, obtenues par la coulée d'une couche d'acier sur une plaque de fer, sont venues donner aux blindages des conditions de résistance bien supérieures; on a pu ainsi allier à une grande impénétrabilité, qualité maîtresse de l'acier, une tenue encore suffisante, sur la muraille, des fragments de la plaque désorganisée par le tir.

Dimensions des plaques. — Les dimensions superficielles, et la disposition des plaques ont beaucoup varié depuis le début. Sur les premiers cuirassés, on se préoccupait de faire servir la cuirasse à la consolidation générale de la coque; la cuirasse, ayant toute la hauteur de l'œuvre morte, se composait de plusieurs virures, formées de plaques à écarts décroisés, que l'on faisait aussi longues que possible; ainsi, sur le Warrior, elles atteignaient 7 mètres, sur les batteries flottantes de Crimée, $4^m,20$; sur la Gloire, elles avaient 50 centimètres de large, et leur poids, limité par les exigences de la fabrication, ne devait pas dépasser 1,000 kilogrammes. Souvent même les plaques étaient rendues solidaires par des clefs engagées de moitié dans chacune d'elles, et placées sur les joints longitudinaux. Aujourd'hui on obtient facilement des plaques de 20 à 24,000 kilogrammes sous des épaisseurs de 30 à 40 centimètres; on arrive même quelquefois à des plaques de 40,000 kilogrammes, quand les épaisseurs sont plus fortes.

La réduction de la cuirasse, sur un grand nombre de bâtiments, à une simple bande à la flottaison, a ramené le nombre des virures à deux au maximum, et on a bientôt remarqué que la

résistance de la plaque était d'autant meilleure, à égalité d'épaisseur, que sa masse était plus considérable, et que le coup frappait plus loin de ses cans. On a été par suite conduit à construire des engins de laminage puissants, permettant la fabrication de plaques de plus en plus pesantes, et à les faire aussi hautes que possible. C'est ainsi qu'on est arrivé sur nos plus grands cuirassés, renonçant à toute idée de consolider la coque par la cuirasse, à composer la ceinture de plaques ayant toute sa hauteur, 2 mètres à $2^m,50$ environ, dont la longueur est limitée à 4 mètres, par la condition de ne pas dépasser le poids maximum de 40,000 kilogrammes ; on évite ainsi une ligne de joints horizontaux. A l'avant, le can inférieur de la ceinture s'abaisse, pour venir aboutir à l'éperon, le can supérieur a quelquefois de la tonture; la largeur de la bande cuirassée s'accroît, et les formes sont beaucoup plus compliquées; on est forcé par suite de diviser cette partie de la cuirasse en deux virures. Nous donnons comme exemple la décomposition de la cuirasse des flancs et des tourelles du Furieux (*pl.* 102, *fig.* 713).

La partie supérieure de la ceinture reçoit en général en dehors du réduit, quand il en existe un, l'aboutissement de la cuirasse d'un pont, dont l'épaisseur est d'environ 6 à 10 centimètres. Cette cuirasse entre le plus souvent dans une feuillure (*pl.* 102, *fig.* 714) pratiquée sur le can supérieur, et est tenue par des prisonniers verticaux. Il résulte de cette disposition que les chocs, reçus par la ceinture vers son can supérieur, se transmettent intégralement aux plaques du pont, et à leurs attaches, qui tendent à être cisaillées. Quand la cuirasse du pont recouvre celle de la ceinture (*pl.* 102, *fig.* 715), ce qui se fait quelquefois, il peut être à craindre qu'un projectile tiré normalement ne la relève en l'arrachant. Peut-être serait-il préférable de faire monter la cuirasse de ceinture jusqu'au-dessus du pont, et d'arrêter à son intérieur la cuirasse du pont, en les séparant par un calfatage ayant quelque élasticité.

A la partie inférieure, la ceinture et son matelas reposent sur une chaise ou tablette, ménagée dans la coque, qui a été décrite plus haut; quelquefois cependant le bordé sous cuirasse prolonge le bordé de la carène, et la cuirasse ainsi que son matelas sont placés extérieurement (Dévastation anglaise, Onondaga). Mais avec le poids énorme des cuirasses actuelles, il serait imprudent de faire travailler par cisaillement les boulons de blindage.

Commande des plaques de blindage. — Les plaques de blindage étant fabriquées hors des arsenaux, il est nécessaire de donner aux établissements chargés de les confectionner des renseignements précis, afin qu'elles s'ajustent exactement à la place qui leur est réservée, avec des retouches du matelas aussi faibles que possible. Dans un but de simplification, il convient, toutes les fois qu'on le pourra, de ramener autant que possible leur surface de placage à des formes simples, et susceptibles d'une définition géométrique, plan, cylindre, surface développable.

La décomposition des plaques doit être étudiée dès le début de la construction, en même temps que celle du bordé sous cuirasse, du matelas, et que la disposition des points d'attache. Les abouts des plaques doivent se décroiser avec ceux des deux plans du bordé ; on les fait en général tomber au droit des membres, afin qu'ils soient mieux soutenus. Les trous des boulons ne doivent tomber ni sur des membres, ni sur des écarts du bordé, ni sur les joints du matelas ; leur position est réglée d'après les dimensions de la plaque. Toute cette étude doit se faire sur le modèle à échelle réduite, indispensable à toute construction ; elle est ensuite reportée sur un développement approximatif de la ceinture.

Pour la commande des plaques, l'usage a été pendant longtemps de fournir aux usines de fabrication les éléments suivants :

1° Un gabarit mince, donnant le développement de la surface de placage, avec l'indication,

si les plaques doivent être percées à l'avance, de la position des trous. Ce gabarit est fait en planches, ou mieux en tôle mince et à claire-voie;

2° Les équerrages sur les cans de la plaque;

3° Un gabarit de la plaque, donnant sa forme extérieure et intérieure exacte; il est formé de quatre bordages, taillés suivant les formes de ses quatre côtés, maintenus par des traverses et des écharpes, et recouverts de planches; ce gabarit sert pour le cintrage. Quelque soin que l'on prenne pour les consolider, ces gabarits ne sont jamais indéformables; l'humidité ou le dessèchement suffisent souvent pour altérer leur courbure; aussi beaucoup d'usines préfèrent-elles aujourd'hui qu'on leur fournisse un tracé géométrique et coté, à échelle réduite, qui leur donne les éléments nécessaires pour le cintrage.

Dans ce but, on construit l'intersection de la plaque par deux plans normaux DE, BB′ (*pl.* 103, *fig.* 716), perpendiculaires entre eux, et à peu près perpendiculaires aux cans. On établit un plan *xx′*, perpendiculaire à leur intersection, et c'est à ce plan qu'on rapporte la position d'une série de couples de points AC, MN′, KQ, M′N′, RS, BB′, R′S′, etc..., pris sur les intersections des cans par des plans parallèles à DE et à BB′. On mesure les flèches de ces différentes sections, les équerrages des cans, et on dessine la forme des feuillures. Les équerrages des abouts sont généralement carrés, celui du can inférieur maigre, du can supérieur gras, si le navire a de la rentrée.

La figure est construite en développement, et donne la forme à peu près exacte de la face d'application, surtout si, comme c'est le cas pour la partie centrale, cette surface diffère peu d'un cylindre.

On a ainsi tout ce qui est nécessaire pour construire à l'usine, ou vérifier le gabarit donnant la forme de la plaque, que l'on y joint généralement. On peut exécuter ces gabarits en tôle de $1^{mm},5$, en ayant soin de les consolider par des cloisons et des tirants obliques; on a soin de marquer sur les cans les traces du plan *xx′*.

Dans bien des cas, quand la surface a peu de courbure horizontale et verticale, on peut réduire la surface de placage à un plan, auquel on rapporte les cotes de la surface extérieure, qui doit rester courbe, pour être continue. Ainsi, dans certains garde-côtes cuirassés, la courbure verticale est nulle; la courbure horizontale, dans la partie centrale, ne dépasse pas 5 millimètres sur la longueur d'une plaque. On peut sans inconvénient diminuer de 5 millimètres au milieu le matelas et augmenter d'autant l'épaisseur de la plaque.

Pour les plaques de l'extrême avant, la forme est plus irrégulière; on mènera encore deux plans normaux rectangulaires, dont les intersections avec le matelas se développeront en BB′ et ED (*pl.* 103, *fig.* 717); puis on développera les intersections de la surface par une série de plans parallèles à ED, tels que AA′, CC′, FF′. On mesurera les cotes des différents points par rapport à un plan auxiliaire *xx′*, perpendiculaire à l'intersection qui se projette en O, les flèches des lignes AA′, ED, etc..., et, en y ajoutant les équerrages et les épaisseurs, on aura toutes les données nécessaires. On y joindra le gabarit indiqué plus haut.

Les plaques de pont sont déterminées d'une manière plus simple. On établit généralement la plus grande partie de la surface suivant un cylindre, ayant pour directrice l'un des barrots; la décomposition des plaques se fait par virures parallèles au diamétral, et les plaques situées en abord ont seules des côtés courbes; les écarts doivent tomber au droit des barrots. Un développement de la surface de placage, avec l'indication du rayon de courbure transversal, suffira dans la plupart des cas; aux points où le pont a une tonture sensible sur la longueur de la plaque, il suffira de donner en même temps la flèche longitudinale, pour fournir les éléments nécessaires à la fabrication.

Quand le bord extérieur de la cuirasse du pont vient se loger dans une feuillure pratiquée sur le can supérieur de la cuirasse des flancs, il faut exécuter un travail d'ajustage coûteux et difficile, que l'on réduit au minimum en ramenant la feuillure à des surfaces planes. Pour conserver au rebord de la plaque de ceinture une épaisseur constante, la feuillure devrait se composer de deux surfaces courbes, l'une prolongeant le dessus du matelas du pont, l'autre engendrée par des droites normales à la première, et ayant pour directrice une ligne à double courbure parallèle au livet. On remplace la première par un plan, dont la position varie légèrement d'une plaque de ceinture à l'autre, de sorte que le dessous des plaques de contour, qui correspondent à deux ou trois plaques de ceinture, présente de légers ressauts au passage de l'une à l'autre ; on remplace la seconde surface par des plans, de sorte que le contour extérieur des plaques du pont devient polygonal. On arrive ainsi à un bon portage, avec une dépense de main-d'œuvre bien moindre.

Les cuirasses des passages de munitions, des entourages de panneaux, des abris cuirassés ont généralement des formes cylindriques d'une définition facile ; une coupe transversale donnant la directrice, un développement indiquant la décomposition et les points d'attache suffiront presque toujours.

Mode de tenue des plaques. — Les premières plaques de blindage, employées sur les batteries flottantes de Crimée (type Dévastation), étaient fixées à la muraille en bois de ces navires par des boulons en fer, qui traversaient toute son épaisseur, et recevaient un écrou à l'intérieur. On ne tarda pas à reconnaître que le choc des projectiles faisait sauter les écrous de ces boulons, et transformait chacun d'eux en un projectile dangereux. Sur tous les bâtiments qui suivirent, on renonça aux boulons, que l'on remplaça par des vis à bois (*pl.* 103, *fig.* 718) traversant le matelas, et pénétrant à peu près jusqu'à moitié de l'épaisseur des membres. Ces vis, enfoncées par l'extérieur, portaient une tête carrée à angles abattus, suivie par une partie tronconique, appuyée sur un logement pratiqué dans la plaque. Après avoir pénétré dans le matelas, le fût, jusqu'alors cylindrique, se transformait en un noyau conique, sur lequel s'enroulait un filet à section triangulaire.

Nous donnons ci-dessous les proportions de ces vis, et les épaisseurs de blindage auxquelles elles étaient destinées.

Dimensions des vis de blindage.

(Décisions des 26 décembre 1865 et 5 février 1866.)

ÉPAISSEUR du blindage.	LONGUEUR DE LA VIS.	DIAMÈTRE DE LA VIS.
mm	mm	mm
100	450	40
120	500	40
140	500	40
150	550	40
160	600	40
180	600	45
200	650	50
230	650	50

Diamètre de la partie lisse . . . . d
Diamètre circonscrit au filet, à l'origine . . . . d
— — au bout . . . . d — 4mm
Diamètre du noyau, à l'origine . . . . d — 10
— au bout . . . . d — 14



Pas de l'hélice	30mm
Saillie du filet	5
Base du filet	7
Inclinaison sur le fût de la surface de portage du filet	$\frac{1}{5}$

La tenue de ces vis, qui étaient toujours zinguées, était bonne ; on dissimulait la tête en remplissant son logement avec du ciment. Cependant on leur reprochait ne ne pas pouvoir se démonter facilement, en cas de réparation, et on attachait d'autant plus d'importance à cette objection, que l'on pensait au début avoir souvent à les déplacer, soit parce que le matelas, privé d'air, se détériorerait rapidement, soit pour débarrasser le navire, en temps de paix, d'une charge inutile. C'est pour cette raison que les Anglais, quoique des expériences eussent démontré la supériorité de tenue des vis sur celle des boulons alors en usage, persistèrent à employer ces derniers. La construction en fer, adoptée immédiatement par l'Angleterre pour presque tous ses cuirassés neufs, a justifié l'emploi des boulons, que la France a adoptés à son tour avec quelques modifications.

Sur les bâtiments en bois, la fixation du matelas se fait par des chevilles, comme pour un bordé ordinaire ; le matelas est ainsi fortement relié à la membrure, et reçoit comme elle l'effort des filets des vis. Sur les bâtiments en fer, les virures du matelas sont tenues au bordé en tôle par un ou deux boulons dans chaque maille, placés de manière à ne pas gêner les boulons de blindage ; s'il y a deux plans de matelas, le second est tenu sur le premier par des vis à bois ; toutes les têtes sont noyées et recouvertes d'un tampon. La décomposition du matelas en virures doit être étudiée, de manière qu'elles soient traversées par les boulons de blindage à quelque distance de leurs cans ; on doit aussi tenir compte des dimensions des pièces de teak, qui n'ont que rarement plus de $0^m,50$ d'équarrissage, et plus de 9 mètres de longueur. L'effort de la cuirasse porte tout entier sur le bordé intérieur en tôle, que l'on renforce dans ce but, en le doublant et en amenant son épaisseur à 30 millimètres environ. Les rivures sont fraisées comme celles du bordé extérieur, et le matelas, recouvert d'une bonne couche de peinture, est mis en contact exact avec la tôle et les renforts en fers profilés, quand il en existe. Le calfatage doit être fait avec soin, et chassé vigoureusement ; il est un des éléments de conservation et de consolidation du matelas.

La distribution des boulons de blindage (1) varie suivant les dimensions de la plaque. Pour les plaques longues, n'ayant pas plus de $1^m,20$ à $1^m,30$ de largeur, ce qui suppose deux virures superposées pour la ceinture, on place deux rangées de boulons (*pl.* 103, *fig.* 719), à 25 centimètres des cans de la plaque, alternativement en haut et en bas dans chaque maille ; l'espacement moyen sur chaque file est donc de $1^m,20$ environ. Les boulons des deux extrémités ne doivent pas se trouver à moins de 30 centimètres des écarts. Sur les plaques de grande largeur, qu'on emploie généralement aujourd'hui, on place une ou deux files de boulons intermédiaires (*pl.* 103, *fig.* 720) ; on règle d'ailleurs la section totale des boulons d'après leur diamètre et la surface de plaque à fixer.

Il résulte d'expériences de tir que, si on désigne par D le diamètre du fût du boulon, et par E l'épaisseur de la plaque, le diamètre des boulons est convenablement proportionné par la formule $D = 1,46\sqrt{E}$, ce qui donne les dimensions suivantes :

Plaques de 18 à 23 centimètres	Boulons de	70 millimètres
— 24 à 30 —	—	80 —
— 31 à 38 —	—	90 —
— 39 à 47 —	—	100 —
— 48 à 57 —	—	110 —

(1) GODRON, *Mémorial du Génie maritime*, 1877.

La section d'un boulon étant proportionnelle à E, ainsi que le poids de la plaque, on trouve, pour le rapport de la section totale des boulons au poids de la plaque, un nombre indépendant de l'épaisseur. Le nombre $\frac{S}{P}$, section des boulons qui soutiennent un tonneau de plaque, varie de 20 à 25 centimètres carrés environ, le nombre de boulons par mètre carré de 0,93 à 1,19.

La tenue par les vis était beaucoup plus multipliée; on plaçait 8 à 11 vis par mètre carré, et il fallait, pour fixer un tonneau de blindage, une section totale variant de 100 centimètres carrés pour les plaques de 10 centimètres d'épaisseur, à 56 centimètres carrés pour les plaques de 20 centimètres.

La réduction du nombre des points d'attache a un intérêt capital, au point de vue de la résistance du blindage; chaque trou de boulon crée un point faible, pouvant donner naissance à des fentes rayonnantes; on verra plus loin un mode de tenue, destiné à atténuer encore cet affaiblissement.

Les formes des boulons en acier, substitués depuis la construction du Tonnerre aux vis, sont données sur les figures 721, 722 (*pl.* 104). Le tableau ci-dessous résume leurs proportions :

Diamètre du boulon	d
Pas du filetage	$0{,}05\,d$
Hauteur de l'écrou	d
Diamètre extérieur de l'écrou	$2\,d$
Hauteur de la tête du boulon	$1{,}25\,d$
Diamètre —	$1{,}50\,d$
Pente de la fraisure.	$\frac{1}{5}$
Épaisseur du caoutchouc	$\frac{1}{6}\,d$

Les boulons sont tirés de barres d'acier doux; pour compenser la réduction de section et de résistance, produite par le taraudage, la partie filetée est trempée, et le boulon arrive ainsi à peu près à l'égalité de résistance dans toute sa longueur, ce qui le rend plus propre à subir des chocs sans rompre.

Une rondelle de caoutchouc, comprimée entre une rondelle en tôle et une coupelle hexagonale en tôle d'acier emboutie, amortit les chocs, et empêche la rupture des boulons; elle est en outre destinée à faire l'étanche, au passage du boulon dans le bordé; la tête tronconique du boulon est noyée dans une fraisure conique de la plaque, et recouverte de ciment.

Le perçage des plaques doit être dirigé suivant la normale à la surface du bordé en tôle, qui, surtout pour les plaques à épaisseurs variables, ne coïncide pas toujours avec la surface extérieure de la plaque. Les trous sont tracés sur le double bordé, avant la mise en place du matelas; ils sont ensuite projetés normalement à la surface du double bordé, sur la surface extérieure du matelas et sur celle du blindage, et c'est d'après ce tracé, que l'on donne aux usines les indications nécessaires pour le perçage. Les trous ne sont percés, dans le double bordé et le matelas, qu'après que les plaques sont en place; on s'exposerait sans cela à de graves mécomptes. Après le perçage, la jonction des deux tôles doit être exactement matée, afin d'éviter que l'eau, qui s'introduirait le long d'un boulon, ne puisse sortir en un point éloigné, en passant entre les deux épaisseurs.

Les plaques une fois présentées, les trous du matelas sont percés à un diamètre un peu inférieur à celui du boulon; les tôles du bordé sont percées à un diamètre supérieur de 2 millimètres, et leur joint maté; enfin le boulon est mis en place, la tête garnie d'une cravate en chanvre, im-



prégnée de céruse ou de minium. L'écrou est serré, de manière à réduire l'épaisseur du caoutchouc de moitié, ce qui, avec les proportions habituelles, donne une tension initiale de $0^{kg},82$ par millimètre carré ; on serre les boulons à refus, sans interposer le caoutchouc au début ; ce n'est qu'après plusieurs serrages, quand on est sûr que le matelas ne se comprimera plus, et ne prendra pas de retrait, que l'on met en place le caoutchouc, et que l'on fait le serrage définitif.

Boulonnage des plaques des ponts. — La tenue des plaques de pont est assurée par des moyens analogues à ceux employés pour les plaques de flanc, quoique le genre de fatigue de ces boulons soit assez différent : les ponts ne peuvent guère être atteints que sous des incidences assez faibles, et les boulons, par suite, tendent à être cisaillés.

Des études expérimentales faites pour le Tonnerre, qui a le prémier en France reçu un pont blindé, de celles faites pour le Redoutable, sur lequel on a adopté les boulons en acier doux à filets trempés, on a déduit, pour les diamètres des boulons de plaques de pont, la formule suivante :

$$D = 1,225\sqrt{E},$$

qui donne les diamètres ci-dessous :

Plaques de	6	centimètres	Diamètre des boulons	30	millimètres
—	7	—	—	32	—
—	8	—	—	34	—
—	9	—	—	36	—
—	10	—	—	38	—
—	12	—	—	42	—

Les proportions des boulons pour plaques de pont sont les suivantes :

Diamètre du boulon	d
Pas du filetage	2^{mm} à $2^{mm},5$
Hauteur de l'écrou	d
Diamètre de l'écrou	$2\,d$
Hauteur de la tête	$1,25\,d$
Diamètre de la tête	$1,50\,d$
Pente de la fraisure	$\frac{1}{5}$
Épaisseur du caoutchouc	$0,4\,d$

Par suite de l'épaisseur plus faible des plaques de pont, on place un nombre de boulons plus considérable que pour les cuirasses de flanc ; on en met environ 4 à 5 par mètre carré. La section totale des boulons, qui maintiennent un tonneau de plaques de pont, est $\frac{S}{P} = 70$ centimètres carrés environ. On les établit par files longitudinales, et on détermine leur disposition d'après la dimension des plaques, et la position des écarts du bordé en tôle ; l'étude doit en être faite dès le début de la construction ; les boulons extrêmes ne doivent pas être placés à moins de 15 à 18 centimètres des bords. Il n'y a pas de rondelle en acier ; le caoutchouc est placé en contact avec le bordé en tôle, recouvert par une coupelle circulaire, sur laquelle porte l'écrou.

On complète souvent la tenue des plaques au moyen de boulons placés dans les joints longitudinaux (*pl.* 104, *fig.* 723), dont les têtes, en forme de pyramide rectangulaire, jouent le rôle de clef, rendant solidaires deux plaques juxtaposées.



Le matelas des plaques de pont a été depuis peu de temps supprimé sur les navires en construction, où cette modification était encore praticable. Des expériences faites en Angleterre, et reproduites en France, semblent indiquer que, sous des angles d'incidence faibles, le matelas est plutôt nuisible qu'utile. On peut se demander si, avec cette disposition, les plaques, trop épaisses pour se prêter à l'appel des boulons, porteront suffisamment sur le bordé en tôle, et si le désir de les bien appliquer n'amènera pas des tensions initiales de nature à fatiguer les boulons. Peut-être, dans ce cas spécial, un cuirassement en plusieurs épaisseurs de tôles, que l'on pourrait bien accoster, serait-il préférable; c'est la solution adoptée sur les canonnières cuirassées, sur les croiseurs, tels que le Sfax, le Condor, etc...

Boulons et vis du Creusot. — La substitution, dans ces derniers temps, de l'acier au fer a conduit à éviter avec plus de soin encore les points faibles, que crée la présence des boulons. D'un autre côté, la cuirasse d'acier ne se comporte pas comme celle de fer : les morceaux de celle-ci restent encore adhérents, quand le projectile l'a traversée, tandis que l'acier, quoique plus résistant, se fend franchement dans toute son épaisseur; les fragments de la plaque tombent, s'ils n'ont pas des points d'attache plus multipliés. Pour ces diverses raisons, on a été conduit, à la suite d'études entreprises avec succès par l'usine du Creusot, à adopter les dispositions suivantes.

Au lieu de traverser la plaque, les boulons (*pl.* 105, *fig.* 724) ne la pénètrent que d'une faible quantité, 70 millimètres pour les plus fortes plaques, et sont vissés dans un trou borgne; ce sont donc des prisonniers et non des boulons; le filetage, à forme arrondie, est en saillie sur le corps du boulon, qui est amené à peu près à l'égalité de résistance. La tenue sur le bordé est obtenue par un écrou avec rondelle, coupelle et caoutchouc, dont le filetage a la même forme que celui de la plaque. Des vis de forme analogue (*pl.* 105, *fig.* 725) servent à fixer les blindages des tourelles; on réduit ainsi l'encombrement à l'intérieur de ces réduits, toujours trop étroits pour ce qu'ils ont à renfermer.

Le boulon ayant son filetage en saillie, son corps ne peut être ajusté dans le trou percé dans le matelas; l'étanche est fait par un tube en tôle, concentrique au boulon, et deux rondelles en gutta-percha, placées aux extrémités, et comprimées l'une contre le blindage, l'autre contre la coupelle. Les vis sont simplement garnies de tours de torons serrés.

Pour les mêmes motifs, ce genre de boulon convient également aux plaques mixtes, dont la couche d'acier n'est nullement affaiblie, le taraudage se faisant tout entier dans la couche de fer.

On place en général 7 boulons pour 4 mètres carrés de plaque; leur section est de 33 centimètres carrés environ par tonneau de blindage. Sur quelques navires, ces proportions, qui ne sont d'ailleurs que des moyennes variables suivant la forme des plaques, ont été dépassées. Ainsi, sur l'Amiral-Baudin, on a placé 2,41 boulons par mètre carré, soit 38 centimètres carrés de section par tonneau de plaques de 55 centimètres d'épaisseur, et 42 centimètres pour celles de 50 centimètres.

Nous donnons ci-dessous les proportions des boulons et des vis du dernier modèle.

Le boulon de	90	convient	pour les plaques de	40 à 55	centimètres d'épaisseur
—	80	—	—	30 à 40	—
—	70	—	—	20 à 30	—
—	60	—	—	au-dessous de 20	—

Tableau

Boulons pour tenue de plaques de blindage.

			mm	mm	mm	mm	mm	mm
Boulons	Côté de la plaque	Diamètre du boulon au corps	40	50	60	70	80	90
		Pas du filetage	6	8	8	10	10	10
		Épaisseur et profondeur du filet	3	4	4	5	5	5
		Longueur de la partie filetée du boulon	30	38	44	52	58	65
	Côté de la tête	Diamètre du cercle circonscrit à l'écrou	88	110	132	154	176	198
		Hauteur de l'écrou	32	40	48	56	64	72
	Coupelle	Diamètre intérieur inscrit	100	124	148	172	196	220
		Hauteur totale de la coupelle	25	31	37	43	49	54
Rondelle en caoutchouc		Diamètre extérieur	82	101	120	140	159	178
		Épaisseur (avant serrage)	16	20	24	28	32	36
Tube		Diamètre intérieur du tube	46,5	58,5	68,5	80,5	90,5	100,5
		Épaisseur	5	6	7	8	9	10

Vis pour tenue de plaques de tourelles.

Vis	Côté de la plaque	Diamètre de la vis au corps	40	50	60	70	80	90
		Pas du filetage	6	8	8	10	10	10
		Diamètre au fond du filet	48	60	72	84	96	108
		Longueur de la partie filetée de la vis	33	42	48	57	63	70
	Côté de la tête de vis	Diamètre circonscrit de la tête de vis	88	110	132	154	176	198
		Hauteur de la tête de vis	20	22	24	26	28	30
	Coupelle	Diamètre intérieur inscrit	100	124	148	172	196	220
		Hauteur totale de la coupelle	25	31	37	43	49	54
Rondelle en caoutchouc		Diamètre extérieur	84	104	124	144	164	184
		Épaisseur (avant serrage)	16	20	24	28	32	36

Mise en place du blindage. — La mise en place des plaques ainsi fixées, et le perçage des trous borgnes exigent un outillage particulier. Le manœuvrage des plaques présente quelques difficultés, puisqu'on n'a pas de trous dans lesquels on puisse engager des boulons à œil. Quelquefois on perce sur le can supérieur des trous spéciaux taraudés, dans lesquels on engage des tire-fonds à œil. On peut plus commodément employer l'élingue à talon imaginée par M. l'ingénieur de la marine Albaret (*pl.* 103, *fig.* 726), qui saisit les plaques par la face extérieure, et ne gêne en rien dans la mise en place. Dans certains ports, la mise en place des plaques se fait au bassin, ce qui, outre l'inconvénient d'immobiliser un bassin pendant bien des mois, exige l'installation d'apparaux de force considérable sur les quais, d'un fort échafaudage portant une voie ferrée à la hauteur de la lisse tablette tout autour du navire. Aussi préférons-nous de beaucoup la mise en place des plaques à flot, toutes les fois que l'état d'immersion du bâtiment ne s'y oppose pas. On commence par présenter les plaques (*pl.* 106, *fig.* 727), en les maintenant au moyen de cales M, parallèles à la surface de placage. Ces cales doivent pouvoir être retirées ultérieurement, sans déplacer la plaque. On peut les former de deux demi-écrous, laissant entre eux un vide *mn*, entre lesquels passe une vis A ; en tournant la tige T, on dégage la vis, et les deux demi-écrous peuvent se rapprocher, du jeu laissé entre eux et la tige T ; la cale peut alors être enlevée. On a vissé préalablement, dans quelques trous, un bouchon en fer R, percé d'un trou fileté ; on visse dans ces bouchons, par des trous de guide d'un petit diamètre, percés à l'avance, des tiges de fer, qui servent, par le serrage d'un écrou, à faire accoster la plaque ; quatre ou cinq points d'attache suffisent généralement. Chaque tige donne la direction normale à la surface intérieure de la plaque, et sert de guide aux outils, qui percent le trou du boulon, d'abord dans la tôle du bordé, puis dans le matelas.

La tôle est percée au moyen d'un porte-lame à deux outils (*pl.* 106, *fig.* 728-729), auquel une pièce spéciale (*pl.* 106, *fig.* 730) donne l'avance, en se vissant sur la tige guide. Le bois est

enlevé par la tarière à disque (*pl.* 106, *fig.* 731), vissée sur la même tige, et le trou se trouve forcément en prolongement de celui de la plaque. Ce travail de perçage, très pénible et long à bras, à cause de la petite dimension des compartiments, se fait avantageusement par l'électricité.

Le perçage terminé, les bouchons sont retirés; on visse dans la plaque les boulons, sur lesquels on enfile le fourreau, les collerettes en gutta-percha, la coupelle et la rondelle; il ne reste plus qu'à serrer les écrous, pour faire l'accostage.

Boulonnage des extrémités. — Le boulonnage, quel que soit le système, exige qu'on ait l'espace nécessaire pour visser l'écrou et manœuvrer la clef; le système du Creusot nécessite de plus le recul pour les outils de perçage, et la mise en place des boulons par l'intérieur. En bien des endroits, aux extrémités surtout, on n'a pas la place nécessaire, et on est obligé de revenir soit au boulonnage ordinaire (*pl.* 102, *fig.* 713), soit aux vis à bois pénétrant dans le matelas seul, dont la tenue sur le bordé doit, dans ce cas, être renforcée.

Au début de la construction des cuirassés, on s'attachait à avoir des plaques dites *en V*, croisant sur l'étrave deux branches inégales. Avec l'accroissement des épaisseurs, la fabrication de ces plaques, déjà fort difficile, est devenue impossible; on ne pouvait d'ailleurs les obtenir qu'au marteau, et non par laminage. Aujourd'hui on arrête toutes les plaques dans le plan diamétral (*pl.* 107, *fig.* 732), et on les réunit par des boulons à tête noyée, placés perpendiculairement au diamétral; leurs têtes et leurs écrous sont coniques, et arasés après mise en place. Près du bord extérieur, on ajoute, pour éviter le bâillement, une rangée de rivets.

Cuirassement des tourelles. — Le cuirassement des tourelles est établi à peu près comme celui de la ceinture; on réduit un peu la section des attaches, les plaques s'arc-boutant l'une l'autre, et étant moins exposées au tir normal. On dispose aujourd'hui les plaques en une seule virure, et on coupe le cylindre qu'elles forment par le nombre de joints nécessaires, pour ne pas dépasser le poids et la flèche admissibles; on peut arriver à n'avoir que huit plaques pour une tourelle destinée aux plus gros calibres (*pl.* 267, *fig.* 1361).

Entourages des panneaux. — Les entourages des panneaux, des cheminées, se font, suivant les dispositions, carrés ou rectangulaires; on les a constitués quelquefois de plaques planes, appuyées sur un massif de bois. Le plus souvent, on supprime le bois, et on les forme d'une ou plusieurs pièces boulonnées sur la cuirasse du pont (*pl.* 104, *fig.* 733-734), et réunies entre elles par des clefs en queue d'aronde, engagées entre leurs faces de contact, et ayant une légère conicité. On fait assez souvent des panneaux circulaires, afin de réduire le poids des surbaux au minimum, à égalité de section d'aérage. Le Creusot a confectionné des entourages de panneau circulaires, de 90 centimètres de haut et de 2 mètres de diamètre, d'une seule pièce.

Cofferdam. — L'emploi du blindage, pour arrêter la pénétration du boulet et l'invasion de l'eau, est coûteux et lourd; aussi a-t-on depuis longtemps cherché à le remplacer par d'autres modes de protection, au moins pour les parties extrêmes du navire. La partie centrale étant protégée par un blindage résistant, et ayant un développement assez considérable pour assurer la stabilité, dans le cas où les extrémités seraient envahies par l'eau, on peut, comme on l'a fait sur l'Inflexible, subdiviser la tranche de la flottaison des extrémités en cellules d'un volume restreint, dans lesquelles on accumule le charbon, et la portion encombrante des approvisionnements de toute nature. Si l'eau y pénètre, comme elle ne pourra pas descendre au-dessous du pont étanche, qui limite cette tranche, elle ne fera qu'en combler les vides, et altérera relativement peu l'assiette et le tirant d'eau du bâtiment. Contre la muraille, on a ajouté une rangée de cellules, profondes de $1^m,20$, remplies de liège,

et une coursive, large de 0m,60, garnie de toile et d'étoupe. Ces deux compartiments, remplis de matières élastiques, sont destinés à arrêter l'eau, à faire *cofferdam ;* on espère aussi que le liége formera ceinture de sauvetage, et conservera au navire de la stabilité.

Sur d'autres navires, l'Italia par exemple (*pl.* 107, *fig.* 735), on a essayé le décuirassement sur toute la ceinture. On a adopté également une tranche cellulaire, et une ceinture de cellules remplies de liége ; tout le long de ces dernières règne un couloir sans plafond, communiquant avec le faux pont, d'où on peut, dans le cas de pénétration d'un projectile, venir entasser, dans le voisinage de la brèche, du liége, de l'étoupe, de la toile, pour arrêter l'invasion de l'eau ; ce couloir est coupé de distance en distance par des cloisons étanches.

En France, le décuirassement n'a jamais été poussé si loin ; l'extrémité arrière de la Dévastation a seule été privée de cuirasse, sur une assez faible longueur. Mais on s'est préoccupé de l'emploi de matières élastiques, pour empêcher l'introduction de l'eau, surtout à l'avant, où on ne peut jamais faire monter assez haut le blindage, pour qu'une brèche ne donne pas entrée à une forte quantité d'eau, quand on marche à grande vitesse.

On se sert dans ce but de la cellulose, obtenue par le déchiquetage des fibres de l'enveloppe de la noix de coco ; par un peignage convenable, on sépare des débris de fibres une matière pulvérulente, qui gonfle au contact de l'eau. Traversée par un projectile, la cellulose brûle difficilement, et foisonne de manière à boucher le passage, et à réduire la voie d'eau à un suintement ; ce qui est le plus à redouter, c'est l'éclatement du projectile dans le compartiment contenant de la cellulose, ce qui ferait voler en éclats les parois, et disperserait la matière protectrice. La cellulose ne peut être employée seule, il faut la mélanger d'une certaine quantité de fibres, qui forment une sorte de feutrage plus consistant ; la proportion convenable est de $\frac{1}{15}$, et il faut comprimer le mélange dans les compartiments, jusqu'à une densité de 140 kilogrammes par mètre cube. C'est, on le voit, un bien faible poids.

Les figures 736-737 (*pl.* 107) représentent les dispositions adoptées pour l'établissement d'un cofferdam à l'avant du Hoche. Pour éviter la destruction du cofferdam, sous l'action de projectiles explosifs de petit calibre, on l'a recouvert d'une cuirasse légère, tenue directement sur le bordé, qui a été doublé. Une cloison en tôle, parallèle à la muraille, limite le cofferdam en arrière des écubiers ; de la gatte à l'avant, le cofferdam occupe tout l'espace qui n'est pas nécessaire pour le passage des chaînes ; il règne sur toute la hauteur de l'entrepont. Des cloisons transversales subdivisent le cofferdam en compartiments, et des portes, percées à la partie supérieure de la cloison longitudinale, servent à pénétrer dans l'espace cellulaire, pour la manutention de la cellulose.

Des dispositions analogues sont adoptées sur le Sfax, croiseur à flottaison cellulaire (*pl.* 108, *fig.* 738-739-740) ; le cofferdam est limité à une cloison parallèle à la muraille, et en dedans règne un couloir, qui permet d'accéder à toutes les cellules du cofferdam et d'obvier aux ravages faits par les projectiles ennemis ; le fond du cofferdam est formé par le pont blindé, qui a un fort dos d'âne en abord.

Nous donnons enfin la disposition du cofferdam, qui règne au-dessus du pont blindé des croiseurs torpilleurs (*pl.* 109, *fig.* 741).

CHAPITRE XXXII.

CONDUITE DES TRAVAUX, PROCÉDÉS DE MISE EN ŒUVRE.

Commande des matières. — Dès que l'ordre d'exécution relatif à une construction en fer, et les plans d'ensemble sont reçus, il convient de déterminer sans retard la quantité des divers matériaux, pour lesquels des marchés doivent être passés. Les barres profilées, cornières de membrure, barrots, montants de cloisons doivent être l'objet du premier travail; ces barres sont indispensables pour commencer la construction, et il peut arriver qu'avant de les recevoir, on ait à subir un assez long délai, pouvant aller jusqu'à cinq ou six mois. Si on en a la faculté, on devra chercher à réduire autant que possible le nombre des profils employés, et adopter de préférence ceux qui sont communs à plusieurs usines, ou admettre l'équivalence de profils peu différents, afin de favoriser la concurrence. Un mesurage sommaire des longueurs, fait sur les plans d'ensemble, avec une marge de $\frac{1}{10}$ en plus, suffira pour apprécier les quantités nécessaires et permettre la passation des marchés.

Une étude analogue doit être faite pour les tôles; il suffit d'avoir le total approximatif en poids des tôles minces, moyennes et fortes, la spécification exacte des dimensions ne devant se trouver que dans les commandes; le prix de base sera fixé par l'adjudicataire et variera suivant la catégorie des tôles (voir le tableau de la page 172). Dans tous les marchés de la marine, une tolérance est admise sur les poids calculés; mais, pour prévenir toute augmentation du poids de coque estimé, la tolérance est aujourd'hui presque toujours en moins, et il y a un léger bénéfice à en attendre; la tolérance de poids ne doit cependant pas être poussée trop loin, sous peine d'affaiblir la construction.

La marche à suivre dans les commandes varie suivant la manière et la vitesse avec laquelle la construction doit être conduite; dès que le tracé à la salle sera suffisamment avancé, il faudra commander la quille, si elle est massive, l'étrave et l'étambot, ces pièces de forge étant longues à exécuter; on devra aussi commander, aussitôt que possible, les cornières de membrure et les tôles varangues.

Pour les bâtiments à double coque, la commande des tôles de lisses et de membrure doit se faire en même temps que celle des cornières correspondantes.

On commandera ensuite les barrots, les tôles et montants de cloisons, les tôles gouttières, les virures de galbords, de préceintes, enfin tout le bordé, sans oublier les tôles nécessaires pour la confection des couvre-joints et des cales. On doit, en outre, se pourvoir des rivets nécessaires, au fur et à mesure des besoins; ils sont souvent confectionnés à l'intérieur de l'arsenal.

L'ordre dans les commandes, l'appréciation exacte de l'époque à laquelle les différents matériaux deviendront nécessaires, de manière à n'être ni encombré ni dépourvu de matières, à pouvoir

alimenter de travail le personnel ouvrier affecté à une construction, sont des éléments d'économie et de succès importants, et l'étude des moyens de les obtenir doit être l'objet de l'attention de l'ingénieur, au même titre que l'agencement des matériaux et la solidité de leur liaison.

Pour éviter toute confusion, les commandes doivent porter l'indication sommaire de la destination de chaque pièce; pour simplifier, il est bon de désigner chaque virure de bordé par une lettre, et le rang de la tôle par un numéro : ainsi 7. A. T. sera le repère de la septième tôle de la première virure de tribord. Grâce à ces repères, marqués à la peinture par l'usine chargée de la confection, les tôles et fers profilés sont, à leur arrivée, empilés dans l'ordre le plus convenable, pour éviter des manutentions inutiles. Souvent, quand on dispose d'un grand espace, les tôles sont couchées sur des rances installées sur le sol; outre qu'on n'est pas maître de prendre une tôle quelconque à volonté, la pluie, quand on est en plein air, pénètre entre les feuilles, y séjourne et les détériore rapidement, si la mise en œuvre se fait attendre. Dans d'autres chantiers, les tôles sont placées de champ, par groupes, et de forts piquets, enfoncés dans le sol, les empêchent de se renverser; on occupe ainsi bien moins d'espace, et les tôles se conservent mieux; une seule grue circulant sur une voie ferrée, ou un chemin de fer aérien permet de déplacer, avec un petit nombre de bras, une tôle quelconque, sans toucher aux autres; cette disposition est de beaucoup préférable.

Exécution des pièces. — L'exécution des différentes pièces, qui entrent dans la construction, comprend, pour certaines d'entre elles, un travail de formage à chaud ou à froid; pour d'autres, la déformation qu'elles peuvent subir au moment de leur mise en place, par l'action des boulons de montage, suffit pour leur donner leur configuration définitive. Toutes enfin sont percées de trous, nécessaires à leur attache.

Travail des barres profilées. Panneaux de tracé. — Le travail à chaud des barres profilées consiste à les courber suivant un profil plan, et à les équerrer, pour qu'elles puissent s'appliquer sur deux surfaces faisant un angle variable, enfin, à leur donner des renvois ou épaulements, destinés à leur faire contourner, soit des couvre-joints, soit d'autres barres profilées.

Le contour des barres peut être relevé à la salle, sur des gabarits, comme on le fait pour la construction en bois. Pour la membrure transversale, on trouve généralement plus commode de reporter tout le tracé du vertical sur un panneau en bois (*pl.* 109, *fig.* 742), établi dans l'atelier même, où se confectionne la membrure; la multiplicité des gabarits dont on aurait besoin, leur grande dimension, l'impossibilité de les mettre en contact avec les cornières encore chaudes, ont fait renoncer à leur emploi. Dans certains chantiers, les panneaux de tracé sont démontables par parties, larges de $0^{m},90$ à 1 mètre. On les porte à la salle des gabarits, et on y dessine le vertical hors membres et intérieur membres, les lisses et la distribution du bordé. Le dessin au blanc est gravé à la pointe, et, pour en faciliter la lecture, des plaques de laiton, portant les numéros des couples, sont clouées de distance en distance. Le panneau est alors démonté, transporté à l'atelier, et réassemblé, et on y cloue des gardes en fer demi-rond, pour le protéger contre le frottement des cornières. Dans d'autres chantiers, le tracé du panneau est exécuté dans l'atelier même, d'après un relevé fait à la salle. Le panneau de tracé est établi dans l'atelier, à proximité des fours destinés à chauffer les fers profilés et les tôles.

Nous ne décrirons pas la disposition des fours; il nous suffira de dire qu'il y en a généralement deux dans les grands ateliers, l'un étroit et long pour les barres profilées, l'autre plus large pour les tôles; on cherche à y obtenir, aussi uniformément que possible, une température rouge clair, sur toute l'étendue des pièces qu'on y place.

Devant le four se présente une plate-forme (*pl.* 109, *fig.* 743), composée de panneaux en

fonte, longs et larges de 2 mètres environ, placés de niveau sur des chantiers en bois, solidement boulonnés entre eux et raidis par des nervures. L'ensemble de ces panneaux affecte souvent la forme de deux rectangles juxtaposés, de dimensions convenables pour les plus grandes cornières de membrure, que l'on aura à cintrer. Ces panneaux sont percés de trous nombreux, dont la disposition diffère, suivant le procédé de travail adopté.

Procédé français. — Ce procédé de travail, qui n'est plus usité aujourd'hui que dans quelques chantiers français, consiste à courber la cornière suivant le contour que doit avoir son arête, et à l'équerrer, en faisant appliquer une de ses ailes sur des taquets de forme convenable. A cet effet, les panneaux de la plate-forme sont percés de nombreuses mortaises (*pl.* 109, *fig.* 744) allongées et obliques, chevauchées les unes par rapport aux autres. Au moyen d'un gabarit en fer léger, que l'on façonne à coups de marteau, on relève sur le panneau de tracé le contour de la cornière; ce gabarit se fait habituellement en deux morceaux, avec un croisement de 80 centimètres environ pour le raccordement. Avec le gabarit, on reporte sur la plaque à cintrer le contour de la cornière du côté de la rencontre des deux ailes, côté de la convexité pour une cornière droite, de la concavité pour une cornière renversée, et on le trace avec du blanc.

Le long de ce contour, on fixe une série de taquets (*pl.* 109, *fig.* 745), d'inclinaison égale au supplément de l'équerrage, tenus par un boulon à T, qui traverse une mortaise; ces taquets ont une forme pyramidale à quatre faces, avec des inclinaisons inégales, afin de réduire l'assortiment nécessaire, et de rendre les recherches plus promptes. La cornière, chauffée au blanc, est traînée sur la plaque à cintrer; une de ses extrémités est fixée au point convenable, puis au moyen de clefs à griffes (*pl.* 109, *fig.* 746), de masses, de crics, de leviers, on la ploie suivant le contour formé par la base des taquets; on martelle son côté horizontal pour l'empêcher de se gondoler, enfin on l'assujettit au moyen de tasseaux (*pl.* 109, *fig.* 747), boulonnés comme les taquets. On ouvre alors la cornière à l'équerrage voulu, en frappant la panne verticale à coups de masse, jusqu'à ce qu'elle s'applique sur tous les taquets.

Toute l'opération doit être conduite rapidement, car, si on équerrait la cornière au-dessous du rouge, on serait fort exposé à déterminer des dessoudures au collet. Après refroidissement, la forme de la cornière est vérifiée, et, même si on a soin de la laisser maintenue sur la plaque, ce qui n'est pas sans inconvénient pour la rapidité du travail, l'inégalité du retrait la modifie ; la cornière revient à sa forme d'équilibre, dès qu'elle est abandonnée à elle-même. L'angle de jonction des deux pannes se refroidit plus lentement que leurs bords; sa contraction tend donc, s'il est placé du côté convexe (cornière droite), à diminuer la courbure, à l'augmenter dans le cas contraire (cornière renversée). Une rectification, après coup, est toujours nécessaire; elle est exécutée avec une presse à vis ou une presse hydraulique, et amène la cornière à son contour définitif.

Généralement, quand on emploie ce mode de travail, on ne poinçonne les cornières qu'après qu'elles ont été cintrées, ce qui est peu commode pour la panne courbée, à moins de disposer de poinçonneuses horizontales. On trace sur les cornières les cans des virures, les recouvrements, les lisses, les livets des ponts, que l'on marque à coups de pointeau.

Procédé de la Seyne. — Le chantier de la Seyne confectionne les couples par un procédé assez différent; au lieu d'ouvrir la cornière à l'équerrage, ce qui la fatigue toujours, on la déforme par torsion, de manière que, l'une de ses pannes étant amenée à faire avec le plan de gabariage l'angle voulu, pour l'application de la surface continue du bordé, l'autre panne lui reste perpendiculaire.

Pour cela, on trace le contour du couple sur la plaque à cintrer, et on place suivant ce con-



tour, à des distances uniformes de $0^m,40$, des tasseaux ayant une inclinaison supérieure au plus grand équerrage à donner. La cornière, posée sur la plaque, est amenée peu à peu au contact des tasseaux, et maintenue par quelques leviers coudés, fixés dans les trous de la plaque. Ceci fait, on équerre la cornière au moyen de clefs à fourche (*pl.* 109, *fig.* 748), que l'on met à cheval sur l'aile qui portera sur le bordé, et on laisse la seconde aile suivre librement la première; l'arête seule de la cornière reste plane, et en contact avec la plaque à cintrer.

Les cornières renversées sont travaillées de la même manière; mais des rectifications assez délicates sont nécessaires, pour que leur portage sur la cornière droite, qui s'effectue suivant une surface gauche, se fasse exactement. Les trous de toute nature ne sont percés, dans les unes et les autres, qu'après cintrage et équerrage.

Ce procédé offre l'avantage de moins fatiguer les cornières, et de diriger l'une de leurs pannes normalement au bordé, ce qui le soutient mieux. Elle a, en revanche, l'inconvénient d'obliger à courber à leur extrémité les barrots, ce qui ne leur permet plus d'agir aussi efficacement, comme tirants reliant les deux murailles; il est vrai que les tôles gouttières corrigent en partie ce défaut, en donnant de la rigidité à l'extrémité courbe du barrot. Un inconvénient du même genre se présente pour les tôles varangues, et à un degré beaucoup plus grand pour les cloisons étanches, qu'il conviendra toujours de fixer à la muraille par des cornières équerrées par ouverture, et non par torsion.

Procédé écossais. — Ces divers procédés sont aujourd'hui remplacés presque partout par des méthodes empruntées à la pratique des chantiers anglais et surtout écossais, dont l'immense production a conduit à rechercher des moyens rapides, mais suffisamment exacts. Le traité de construction navale de Sir Edward Reed énumère les différences d'ordre secondaire du mode de travail, dans les principaux centres de production; sans entrer dans ce détail, nous indiquerons les procédés importés en France, et qui sont à peu de chose près empruntés aux chantiers de la Clyde.

On commence par relever avec une latte flexible, appliquée suivant le contour d'un couple, sur le panneau à tracer, les livets, les traces des lisses planes, les cans des virures de bordé, avec leurs recouvrements; on reporte ces indications sur la cornière encore rectiligne, et on trace les trous des rivets de jonction avec le bordé et avec la cornière renversée; on a soin de placer ceux-ci en face des intervalles des premiers; on ne réserve que ceux qui correspondent aux recouvrements du bordé, dont les cans ne peuvent être réglés qu'après le montage. Le poinçonnage est fait avant tout travail à chaud pour la cornière droite; les trous de la cornière renversée sont contremarqués sur ceux de la cornière droite après cintrage, et poinçonnés ensuite. Quand on tient à une grande précision, le poinçonnage de tous les trous n'est fait qu'après le travail à chaud.

Il faut d'ailleurs tenir compte de ce que le cintrage raccourcit les cornières renversées, et allonge les cornières droites. Pour des cornières de fort échantillon, on peut évaluer le raccourcissement à 2 millimètres par mètre courant, et l'allongement à 3 millimètres, ce qui, pour des cornières de 14 à 15 mètres de long, est sensible aux extrémités.

La plaque à cintrer (*pl.* 110, *fig.* 749) se compose de rectangles en fonte, épais de 10 à 12 centimètres, renforcés par des brides de jonction, et fixés sur un grillage de forts madriers; elle est percée de nombreux trous ronds de 3 centimètres environ (*pl.* 109, *fig.* 750), disposés en quinconce. On trace sur la plaque, avec un faux gabarit en fer, le contour de la pièce à cintrer, du côté de la concavité, et on place, dans les trous les plus voisins, des broches en fer de diamètres variés (*pl.* 110, *fig.* 751); si elles ne sont pas tangentes au contour, on augmente leur diamètre au moyen de rondelles en tôle ou en fonte plus ou moins épaisses (*pl.* 110, *fig.* 752); on emploie aussi des rondelles

en fonte (*pl.* 110, *fig.* 753) percées de plusieurs trous, excentrés de quantités différentes ; on obtient ainsi une série de points d'arrêt, tangents au contour concave de la cornière. On marque également sur la plaque les suppléments des équerrages α, α', α'' (*pl.* 110, *fig.* 749), en regard des points du contour auxquels ils se rapportent; quelquefois aussi on découpe ces angles dans de la tôle mince, et on marque les points correspondants.

La cornière, sortie du four, est fixée par son extrémité, entre la première broche du contour concave, et une seconde enfoncée dans le trou le plus voisin de l'autre côté; une griffe la saisit à l'autre extrémité, et, entraînée par une corde garnie sur un cabestan, la force à venir appliquer son bord contre les broches; on aide à sa déformation, en forçant horizontalement avec des leviers, en frappant à coups de masse sur l'aile plane, pour faciliter l'allongement de ses fibres, enfin en pressant avec un levier en fer à secteur (*pl.* 110, *fig.* 754), qui prend appui dans un trou de la plaque, et dont l'action puissante et graduée évite la discontinuité dans la courbure. Cette partie de l'opération doit être conduite très rapidement, et terminée avant le rouge cerise ; aussitôt qu'elle est achevée, on enlève presque toutes les broches, et en agissant avec des leviers à secteur à la fois au milieu et aux extrémités (*pl.* 110, *fig.* 755), on modifie la courbure, en l'augmentant ou en la diminuant, selon que l'arête de la cornière est placée du côté convexe ou concave. On remédie ainsi à la déformation que produira le retrait, à la condition toutefois que le surveillant chargé du travail ait acquis dans plusieurs constructions l'expérience et le coup d'œil nécessaires, pour apprécier le retrait probable.

Souvent aussi ce supplément de courbure est donné en modifiant de la quantité nécessaire, déterminée par l'expérience, le tracé de la cornière sur la plaque, et la position des broches d'arrêt.

Aussitôt après, la cornière étant encore au rouge sombre, on enlève toutes les broches, et on s'occupe de donner l'équerrage. Un ouvrier, ayant consulté les indications de la planchette d'équerrage, reportées en rabattement le long du contour (*pl.* 110, *fig.* 749), saisit la pince verticale de la cornière avec un levier à fourche (*pl.* 110, *fig.* 756), et l'ouvre à l'équerrage voulu, pendant que d'autres ouvriers, frappant l'aile horizontale à coups de masse, la maintiennent en contact avec la plaque, et lui conservent sa forme plane. L'opération se fait rapidement de distance en distance, et l'ouverture donnée est aussitôt vérifiée à l'aide d'une fausse équerre.

Les cornières d'acier ne peuvent pas être portées à une aussi haute température que celles de fer; en outre, il faut en arrêter le travail dès qu'elles sont arrivées au rouge sombre. On est ainsi conduit à diviser l'opération en deux, dès que les équerrages sont un peu prononcés; une première chaude permet d'équerrer la cornière encore rectiligne; après une seconde chaude, on fait le cintrage.

Quelques corrections doivent être faites aussitôt; l'action du levier à fourche ne se transmettant pas jusqu'au sommet de l'angle de la cornière, il en résulte souvent une concavité (*pl.*110, *fig.*757), que l'on corrige en promenant dans l'intérieur de la cornière un dégorgeoir frappé à coups de masse (*pl.* 110, *fig.* 758), en même temps qu'une chasse plane (*pl.* 110, *fig.* 759), posée sur l'aile horizontale, et frappée simultanément, la maintient plane. Il faut en outre corriger les jarrets causés par l'écartement des points d'appui, des points d'équerrage, par les coups de masse; on le fait en frappant à la masse d'un côté, pendant que deux autres masses, tenues par deux ouvriers, contretiennent du côté opposé, à droite et à gauche de l'endroit sur lequel on veut agir. Toutes ces corrections se font, en majeure partie, la cornière étant encore chaude; aussitôt qu'elle est refroidie, on la porte sur le panneau de tracé, et on vérifie si sa courbure est exacte; dans le cas fréquent où elle ne l'est pas, on la place sur des tasseaux de 5 à 6 centimètres, et en frappant sur l'aile horizontale d'un côté, contretenant de l'autre avec des masses, on arrive à modifier la courbure.



Équerrage par des machines. — Le cintrage et l'équerrage des barres en U et à double T, ou même des barres en Z, employées depuis quelques années en Angleterre pour les membrures, peuvent s'exécuter par les procédés que nous venons de décrire, quoiqu'ils présentent une difficulté plus grande, par suite de la nécessité d'équerrer simultanément les deux ailes. Pour les barres en U, employées comme membrures complètes de certaines canonnières, et même pour des membrures sous cuirasse, le cintrage peut s'opérer assez facilement; il n'en est pas de même pour les barres à double T, à grande hauteur, employées comme membrures des œuvres mortes des cuirassés. Quelques arsenaux ont, pour ce travail, une machine (*pl.* 111, *fig.* 760-761) composée d'une bande de tôle A, armée de cornières, et portant, à l'extrémité de paires de vis BB, une série de bouts de cornière, que le jeu des vis permet d'avancer plus ou moins, suivant le contour à obtenir, et d'incliner à volonté, suivant l'angle d'équerrage. Deux assemblages de ce genre sont placés sur les plaques à cintrer; la barre profilée, chauffée au rouge, est mise entre eux; l'un d'eux reste fixe, l'autre, actionné par des crics CC, oblige la barre à épouser la forme des bouts de cornière; on évite le gondolement, en plaçant par-dessous des cales en fonte D, de hauteur convenable, et par-dessus, des plaques pressées par des leviers E.

La difficulté de l'équerrage a conduit quelquefois, surtout au début de l'emploi de l'acier, à déformer à froid les barres, dont la courbure et l'équerrage étaient peu considérables; on évitait ainsi les ruptures, que causait si souvent la trempe due au refroidissement. Nous ne pensons pas que les résultats satisfaisants obtenus par cette méthode doivent faire oublier que les pressions considérables, que l'on est obligé de faire subir à l'acier, peuvent, en bien des points, lui faire dépasser la limite d'élasticité, et le mettre, par suite, dans un état d'équilibre instable, pouvant donner lieu à des ruptures spontanées ultérieures.

On peut aussi équerrer les cornières, avant de les cintrer, au moyen d'an marteau-pilon d'une disposition spéciale (*pl.* 112, *fig.* 762-763) : celui-ci applique l'une des ailes sur une enclume horizontale, pendant que deux étaux, placés de chaque côté, maintiennent l'autre aile, qui doit rester plane, dans une position inclinée sur l'horizon; chaque étau peut tourner autour d'un axe horizontal, et est actionné par un pignon, de manière à faire faire aux éléments successifs de la partie plane les angles d'équerrage convenables avec le dessus de l'enclume; un index mesure l'angle obtenu. Un chariot, conduit par un treuil, entraîne la barre profilée; le cintrage, dans ce cas, est donné après une seconde chaude.

Les modes de travail qui précèdent sont également employés pour les crosses des barrots, cornières de lisses longitudinales, de gouttières, etc.

Épaulements. — On est souvent obligé de produire une déformation locale, appelée *renvoi* ou *épaulement*, pour laisser passer une autre pièce de peu d'épaisseur, telle qu'un couvre-joint (*pl.* 110, *fig.* 764), ou pour épouser la forme d'une barre profilée perpendiculaire (*pl.* 110, *fig.* 765-766). Ce travail s'exécute à la forge, en donnant une chaude locale; quand on a un grand nombre d'épaulements de même profil à obtenir, il est avantageux de se servir d'étampes, de travailler au pilon et de parer la surface au marteau.

Enfin, on a souvent à exécuter des soudures, soit bout à bout, soit à onglet (*pl.* 110, *fig.* 767-768), quand on veut, par exemple, confectionner des cadres, limitant certaines parties des cloisons étanches. Ces soudures s'exécutent à la forge par les procédés ordinaires. Tous ces travaux sont coûteux; on doit rechercher les combinaisons d'assemblages, qui en réduisent le nombre au strict nécessaire

Travail des barrots. — La longueur exacte de la ligne droite de chaque barrot est relevée

à la salle des gabarits; on exécute aussi un gabarit de la crosse. Les barrots sont reçus des usines de laminage, cintrés au bouge voulu; mais il est presque toujours nécessaire d'exécuter des corrections, pour lesquelles on emploie la presse à vis, ou des machines à cintrer hydrauliques, d'un usage plus commode. Le barrot étant coupé à la longueur convenable, on le fend à chaque extrémité sur la longueur nécessaire, soit à la tranche, après l'avoir chauffé, soit à la scie à métaux, soit enfin au moyen du poinçonnage de trous très rapprochés (*pl.* 112, *fig.* 769), mordant les uns sur les autres. A l'extrémité de la fente, on perce un trou de 2 à 3 centimètres de diamètre, de manière à arrêter la déchirure qui se produirait certainement dans le courbage à chaud. On chauffe alors au rouge le bout du barrot, et on sépare sa panne inférieure de la supérieure, soit en l'enroulant sur des broches disposées sur la plaque à cintrer, soit simplement par forgeage; on coupe ensuite le bout inutile de la panne supérieure. Il ne reste plus qu'à unir au barrot la tôle triangulaire de la crosse par des soudures ou par un rivetage, en ayant soin de supprimer les saillies des pannes, qui gêneraient pour l'attache du barrot à la membrure. Quand les barrots sont formés d'un fer à boudin garni de deux cornières, le fer à boudin est courbé sur toute sa hauteur, et on soude un mouchoir en tôle à sa partie supérieure.

Les barrots d'assemblage subissent toujours une déformation par le poinçonnage et le rivetage, surtout quand cette opération ne se fait que sur le bord supérieur, dont elle allonge les fibres, augmentant par suite la courbure. Une vérification de la forme, et une correction à la presse sont nécessaires, après que le barrot est terminé.

Une fois les crosses des barrots façonnées, et leurs tôles rivées ou soudées, on marque sur des gabarits la distribution des trous de leurs attaches, déjà poinçonnés dans les membres, et qui, toutes les fois que la largeur des cornières le permet, sont sur deux rangées, en quinconce. On contremarque ces trous sur les crosses, au moyen du gabarit, en prenant comme repère la position de la ligne droite, marquée sur la membrure et sur le barrot.

On poinçonne également, sur la panne supérieure des barrots, les trous de rivets du bordé en tôle, dont la disposition a dû être étudiée, ou, s'il n'y a pas de bordé complet, les trous de rivets des tôles gouttières, des hiloires, des étambrais, des hiloires renversées, des entremises, surbaux de panneaux, etc.; enfin, ceux des boulons du bordé en bois. On poinçonne à l'avance les trous d'attache des épontilles, et, si on le peut, ceux des crocs à hamacs; ces crocs ont un fût carré, dont on poinçonne le cercle inscrit, agrandi ensuite à la lime, et rendu carré.

Emploi de la meule. — Les extrémités des fers profilés doivent être coupées le plus proprement possible; à défaut de tout autre outillage, on peut les couper à la tranche, et les parer au marteau et à la lime; quand on dispose de scies à métaux, il vaut mieux s'en servir pour les couper à leur dimension exacte, par un travail lent, mais d'un fini parfait. Il est plus économique, et plus fréquent aujourd'hui de se servir pour ce travail de meules en émeri aggloméré, tournant avec une grande vitesse, devant lesquelles on promène la pièce à finir, soit à la main, soit avec une sorte d'étau mobile. On peut parer de cette manière, non seulement le bout des pièces, mais encore leurs bords, quand c'est nécessaire: par exemple, ceux des cornières qui doivent être matées, les bords des couvre-joints, les cornières d'attache des élongis de panneaux sur les barrots, etc., etc. On s'en sert même dans quelques chantiers, pour dresser, ou plutôt pour polir des surfaces planes étendues; les meules en grès sont considérées dans ce cas comme plus avantageuses.

Varangues. — Les tôles varangues sont commandées sous un contour polygonal, qui est l'enveloppe de leur contour définitif, dans la partie inférieure qui touche au bordé. Pour leur partie supérieure, qui a une courbure assez prononcée, et qui vient se raccorder, en se surélevant, avec



le contour intérieur du couple, on ne pourrait l'obtenir par découpage, qu'en employant le poinçon, ce qui serait laborieux et peu économique. On préfère généralement tracer le bord supérieur rectiligne (*pl.* 112, *fig.* 770), de longueur telle que AB soit égal au développement de AMC, et commander par suite la tôle ABD*a*. On fait tomber à la cisaille le triangle E*ma*, puis, plaçant la tôle chauffée au rouge sur la plaque à cintrer, on saisit l'extrémité FC entre deux broches, et en agissant sur l'extrémité A, on fait ranger l'arête AB suivant le contour concave AMC, limité par des broches sur la plaque. On a soin de marteler pendant le cintrage la surface de la tôle, pour l'empêcher de se gondoler sur le bord intérieur, et pour faciliter l'allongement des fibres du contour extérieur, qui, sans cela, pourraient se déchirer. Il suffit alors de terminer la tôle varangue par un ébarbage de peu d'importance, que l'on exécute au ciseau, au burin ou à la meule, et on peut vérifier sa forme sur le panneau de tracé.

Sur les bâtiments de petites dimensions, la varangue est faite d'une seule tôle ; quand on la fait en deux morceaux, on les assemble, soit par un couvre-joint rivé, placé alternativement d'un côté ou de l'autre de la quille, soit (*pl.* 112, *fig.* 771) par une soudure suivant une ligne verticale, telle que EF. Après avoir cintré séparément les deux pièces, on les place au-dessus du panneau de tracé, avec un recouvrement de 15 à 20 millimètres ; on mène une ligne droite horizontale AB, sur laquelle on marque au pointeau deux points C,D, à une distance d'environ $0^{m},60$. On exécute alors la soudure, après laquelle les deux droites AC, DB doivent se trouver en prolongement, et CD doit avoir conservé la même longueur.

Sur les bâtiments qui ont une ou plusieurs carlingues continues coupant la varangue, la confection de celle-ci s'exécute en plusieurs pièces, dans lesquelles on réserve, s'il y a lieu, le passage des cornières continues des carlingues, à la partie supérieure et inférieure ; ces évidements, ayant pour forme la section transversale de la cornière, sont découpés au poinçon.

Les trous d'anguillers, et les trous d'allégement, pratiqués généralement dans les varangues de grande hauteur, sont découpés, soit au poinçon, soit avec un emporte-pièce, actionné par une forte presse hydraulique ; les bords sont terminés par un travail au burin.

Montage des couples. — Les cornières renversées et les varangues sont placées sur les cornières principales, et les trous de ces dernières sont contremarqués sur les cornières renversées et les varangues, au moyen d'un tampon de bois du diamètre du trou, trempé dans la peinture blanche. Nous rappellerons que, pour utiliser la fraisure due au poinçonnage, cette opération doit se faire à partir des surfaces de contact ; ainsi l'aile cintrée des cornières droites est poinçonnée par son côté convexe, l'aile plane des cornières droites et renversées à partir du plan de gabariage. Les cornières doivent être vérifiées de nouveau sur le panneau, et corrigées après le poinçonnage. On contremarque enfin à ce moment les couvre-joints, qui doivent réunir les différents bouts de cornières, et les pièces séparées des tôles varangues. On réunit ensuite toutes ces pièces au moyen de boulons de montage, et on vérifie les ouvertures aux différents livets et suivant les lisses planes ; on s'assure également que le gabariage est plan ; ces opérations doivent être conduites avec d'autant plus de soin, que toute correction ultérieure est impossible. On met alors en place, à l'aide de boulons, des planches d'ouverture, deux le plus souvent, quelquefois une seule, à cause de la raideur considérable des couples en fer. Quelquefois même on ne met de planches d'ouverture que tous les trois ou quatre couples, et on soutient les couples intermédiaires au moyen des lisses, que l'on accore au fur et à mesure du montage.

Le rivetage des membrures s'opère à côté de la cale, ou même sur la cale ; mais, dans ce cas, on est gêné par la mise en place des pièces de quille, et leur fixation provisoire les unes à la suite



des autres. Si on ne peut disposer de la quille au moment opportun pour le montage, on peut faire reposer la membrure sur une quille provisoire en bois de déchet, à laquelle on substituera plus tard la quille en tôle ou en fer.

Les membrures rivées sont empilées les unes sur les autres, jusqu'à ce qu'on en ait une quantité suffisante, pour pouvoir occuper d'une façon continue les ouvriers chargés de la levée, qui s'opère avec les mêmes apparaux que pour les navires en bois. La levée commence généralement par l'arrière; le premier couple est solidement accoré sur les côtés et sur l'arrière, afin d'éviter la tendance au renversement, que cause la pente de la cale; quelquefois même on rapproche un peu les couples de la verticale, pour parer à la rotation, qui se produit presque toujours autour de leur pied. A mesure que le montage avance, on met les lisses en place, au moyen de boulons à crochet (*pl.* 112, *fig.* 772), qui les traversent, et qui viennent saisir l'une des ailes des cornières.

Quelquefois on effectue le rivetage mécaniquement sur cale (*pl.* 113, *fig.* 773-774-775); on dispose à l'avant une plate-forme, sur laquelle on assemble chaque membrure, et on effectue le rivetage au moyen de riveuses hydrauliques, suspendues à des bras pouvant tourner horizontalement; un chariot courant sur des rails prend la membrure, descend, amène le talon du couple à la position qu'il doit occuper, et il suffit de le faire pivoter autour de son extrémité inférieure avec l'appareil de levée. Cette installation a été adoptée au chantier de Graville.

Quand le poids de la membrure n'est pas trop considérable, on rive, dans beaucoup de chantiers, les barrots avec les couples avant la levee, ou tout au moins ceux des gaillards et du pont inférieur; on donne ainsi beaucoup de rigidité aux couples, mais on n'a aucun moyen de corriger après coup les ponts, si leur forme est défectueuse.

Lisses. — Les lisses sont exécutées en sapin dans les parties droites, en chêne dans les parties contournées; elles sont décomposées en éléments, dont les écarts se décroisent. Les positions des gabariages y sont marquées, et les trous des boulons à crochet percés à l'avance; les positions des lisses étant également marquées sur les couples, on les met en place sans difficulté, et les portions de lisses, qui dépassent le dernier couple monté, forment une sorte de berceau, qui reçoit les couples suivants, et permet de n'employer souvent ni planches d'ouverture, ni faux accores; c'est pourquoi on donne aux lisses un fort équarrissage. Le plus souvent, les pièces d'une même lisse n'ont pas d'écart, mais se superposent simplement; alternativement, l'arête supérieure ou l'arête inférieure suit la lisse du tracé. L'accorage se fait, soit sur les lisses, soit sur des bouts de cornières boulonnés d'un couple à l'autre. Les vérifications, balancement et perpignage, se font de la même manière que pour les bâtiments en bois.

Dans des cas exceptionnels, où on aurait à construire très rapidement un bâtiment, on pourrait intervertir l'ordre des opérations, quand, par exemple, on a à sa disposition les tôles du bordé, avant les fers profilés de la membrure. Il n'est pas sans exemple qu'on ait fait une fausse membrure extérieure en bois, servant à travailler le bordé extérieur des fonds, à l'intérieur duquel on est venu mettre en place, après coup, la membrure et le barrotage, dès qu'on a pu les recevoir des usines et les former.

Montage des bâtiments construits dans le système longitudinal. — L'extrême variété de combinaison de la membrure longitudinale et transversale rend difficile l'indication de règles générales à cet égard; on peut dire cependant que le montage est d'autant plus commode que les membrures transversales sont plus continues.

Quand le bâtiment est construit dans le bracket-system, on commence par établir sur les tains



la double tôle de quille, on place les cornières extérieures de la lisse centrale, on contremarque leurs trous d'attache avec la quille, et on trace ceux de jonction avec la lisse. On les perce, on les met en place, ainsi que les tôles de lisse, que l'on contremarque; on trace également sur celles-ci les plans de gabariage; on distribue les rivets d'attache des membres, des cornières longitudinales supérieures et des écarts; on marque le passage des cornières intérieures des couples, quand elles sont continues d'un bord à l'autre.

On poinçonne alors les tôles de la lisse centrale, on y découpe le passage des cornières des membres, s'il y a lieu, et on les met en place, ainsi que leurs couvre-joints, et les bouts de cornières verticaux d'attache des membres. On présente aussi le premier bout de cornière extérieure des couples, qui s'appuie sur les galbords.

On monte ensuite la première lisse longitudinale, puis les tronçons suivants des couples, la deuxième lisse et ainsi de suite, en accorant à faux frais les lisses; on peut aussi, ce qui semble préférable, mettre d'abord en place les cornières intérieures continues des couples, les régler et les accorer solidement, et venir y attacher ensuite les brackets, les bouts de cornières interrompues et les lisses longitudinales.

Dans les bâtiments à double coque, où tout ou partie des membrures transversales sont continues, il conviendra toujours d'employer ce dernier mode de montage, analogue à celui que l'on emploie pour les bâtiments à membrure transversale. On mettra en place les couples étanches, les cornières extérieures, les tôles continues ou discontinues, les cornières intérieures des couples évidés, et on viendra intercaler les tronçons des lisses longitudinales.

Il sera généralement commode de pousser d'abord la partie centrale jusqu'à la tablette, afin de pouvoir commencer immédiatement la membrure sous cuirasse et le matelas, pendant qu'on achèvera la membrure des fonds des extrémités, que la forme compliquée des lisses rend plus difficile à régler.

Sur la plupart des cuirassés, la membrure des œuvres mortes est indépendante de celle des fonds, et repose sur le pont cuirassé; on ne pourra donc la monter qu'à faux frais, jusqu'au moment où on aura mis en place la virure extérieure de la cuirasse du pont.

Travail des tôles. — La distribution du bordé ayant été complètement arrêtée sur des dessins, et sur le petit modèle, on reporte la position des cans sur la membrure, en fixant des lattes flexibles aux points marqués sur les membres d'après le tracé; on règle définitivement les lignes de joint, qui, bien qu'étudiées à la salle et sur le modèle, peuvent ne pas satisfaire complètement l'œil.

On établit alors sur la membrure des gabarits à claire-voie (*pl.* 133, *fig.* 776), formés d'un cadre en planches flexibles, croisé par des planches verticales de même largeur et de même écartement que les membres; on exécute un gabarit pour chaque tôle. On reporte sur ce gabarit tous les trous déjà poinçonnés dans la membrure, en y faisant passer soit un tampon trempé dans la céruse, qui marque du côté du placage, soit des broches en fer coniques, chauffées au rouge, qui percent dans le gabarit un trou en coïncidence avec celui de la membrure. Quand les tôles sont légères, il est plus simple de les présenter elles-mêmes, et de les marquer immédiatement.

Le travail des gabarits se commence par les tôles qui doivent être les premières mises en place, c'est-à-dire les virures de placage, et une fois celles-ci présentées, on exécute ceux des virures de recouvrement. Le gabarit, reporté à l'atelier, est posé sur la face de placage de la tôle; on choisit généralement, comme face extérieure, celle qui a le moins de défauts de fabrication, pailles, crasses, gravelures, dont les meilleures tôles ne sont jamais complètement exemptes. On ligne au cordeau



et au blanc d'Espagne les bords de la tôle, on contremarque l'emplacement des rivets de la membrure, puis, de part et d'autre des trous à faire, on bat au cordeau des lignes, représentant les bords de la petite panne de la cornière principale de la membrure, qu'il est nécessaire d'éviter dans la distribution des rivets du can, et pour cela, ces indications sont également reportées sur l'autre face.

Pour profiter de la fraisure naturelle des trous poinçonnés, on doit percer, à partir du placage, les trous d'attache avec la membrure, et ceux des rivets des écarts, et à partir de l'extérieur, ceux des joints longitudinaux. On cisaille et on rabote les bords de la tôle à ses dimensions exactes, et on poinçonne tous les trous; la tôle est alors mise en place et fixée par des boulons.

On fait alors les gabarits des virures de recouvrement de la même manière; tous les trous de celles-ci doivent être poinçonnés à partir de la face de placage.

Quand le gabarit est percé avec une broche à chaque trou de rivet, rien n'est plus facile que de reporter ses indications au moyen d'un tampon de bois garni de peinture blanche, que l'on passe dans chaque trou. Si, au contraire, le gabarit n'est pas percé, après l'avoir établi sur des tasseaux au-dessus de la tôle et parallèlement (*pl.* 113, *fig.* 777), on se sert d'une sorte de pincette, formée de deux bouts de bois flexible, dont une branche est percée d'un trou, et l'autre garnie d'un tenon cylindrique enduit de céruse, parfaitement centré sur le trou; on fait coïncider le trou de la pincette avec la marque d'un rivet sur le gabarit; en écartant la seconde branche de la pincette, au moyen du bouton M, on fait sur la tôle une marque, verticalement au-dessous de celle du gabarit. Pour pouvoir percer les trous à partir du côté convenable, on est souvent obligé de les reporter d'un côté à l'autre de la tôle; on se sert d'un morceau de tôle mince replié (*pl.* 113, *fig.* 778), percé de deux trous se correspondant bien, et, quand le trou *t* coïncide avec la marque du rivet, le trou *t'* la repère du côté opposé.

Planage et cintrage. — Les tôles que fournissent les usines ne sont généralement pas planes; elles présentent tantôt une courbure générale dans le sens de la longueur, tantôt des ondulations, qu'il est quelquefois assez difficile de faire disparaître, quand elles sont plus ou moins fortes au milieu que sur les bords. A défaut d'autres appareils, on peut planer la tôle au marteau; on la place sur un marbre en fonte de grande dimension, et, en frappant en un grand nombre de points, de manière à allonger les fibres trop courtes, on ramène la tôle à une forme plane. Dans tous les ateliers, on trouve aujourd'hui des machines à cintrer (*pl.* 114, *fig.* 779), sortes de laminoirs à trois cylindres, de 40 centimètres environ de diamètre, et de la longueur des tôles les plus longues que l'on compte employer. Les deux cylindres inférieurs ont leur axe dans le même plan horizontal; le troisième est placé au-dessus, au milieu de l'intervalle des deux autres, et en est rapproché plus ou moins par des vis de pression. Les deux cylindres inférieurs sont seuls actionnés par le moteur; le cylindre supérieur n'est entraîné que par le frottement de la tôle, qu'on engage entre lui et les deux autres.

Quand on veut s'en servir pour planer les tôles, on peut faire descendre, à chaque passe, le cylindre supérieur d'une quantité variable suivant le cintre de la feuille, jusqu'à ce qu'il ne reste plus entre les génératrices des cylindres que juste l'épaisseur de la tôle. On emploie plus commodément depuis quelques années des machines à planer, composées de cinq cylindres (*pl.* 114, *fig.* 780), trois en dessous, deux en dessus, qui donnent des résultats plus sûrs et plus rapides, au moins pour les tôles minces.

Le plus souvent, la machine à cintrer est employée à donner aux tôles la courbure verticale; quant à la courbure longitudinale, plus faible généralement, la flexibilité de la tôle, et l'action des boulons de montage suffisent pour l'obtenir.



Si la feuille doit affecter une forme sensiblement cylindrique, on la passe entre les cylindres comme pour planer, sa longueur parallèle à leurs axes ; seulement on fait descendre à chaque passe le cylindre supérieur, jusqu'à ce que, sa génératrice inférieure étant amenée au-dessous de la génératrice supérieure des deux autres, on obtienne pour la feuille le rond nécessaire. Un gabarit en fer carré de 10 à 12 millimètres (*pl.* 114, *fig.* 781), avec une partie droite servant de poignée, sert à mesurer la courbure à réaliser. Si la tôle a plus de courbure à une extrémité qu'à l'autre, c'est-à-dire si elle est à peu près conique, on procède de même, en faisant descendre le cylindre supérieur d'un bout plus que de l'autre, ce que permet la forme des tourillons, et on se sert de deux gabarits.

Quand enfin on veut obtenir une surface gauche, on relève l'angle des génératrices extrêmes, avec deux fausses équerres, dont une branche est appliquée sur la membrure, et dont les deux autres sont dégauchies. Puis on engage la tôle dans la machine à cintrer, en inclinant son bord, de manière que la première génératrice de la surface gauche soit parallèle à l'axe des cylindres. Il faut une grande habitude pour bien exécuter cette opération, dans laquelle on doit combiner l'inclinaison de la feuille, et l'abaissement inégal des deux extrémités du cylindre, pour obtenir à la fois le gauche et le cône. Cette méthode est cependant beaucoup plus rapide que celle employée pendant longtemps, qui consistait à marteler la feuille à froid sur de fortes barres de fer.

Travail à chaud des tôles du bordé. — La plus grande partie du bordé peut être façonnée à froid d'après les méthodes que nous venons d'indiquer; il n'en est pas de même de quelques parties à forte courbure, telles que les galbords, les quilles plates en tôle, quelques tôles de la voûte, et celles qui recouvrent le tube d'étambot. Les galbords offrent des difficultés particulières, en raison de leur forte épaisseur, et de leur brusque changement de direction.

Le plus souvent on chauffe au rouge la tôle, on la fixe solidement sur un plateau en fonte (*pl.* 114, *fig.* 782), en laissant déborder la quantité nécessaire pour former la pince, et on fait reposer sur le bout en porte-à-faux un cylindre en fonte très pesant, retenu au plateau par deux bielles, que l'on fait agir par son poids sur la partie saillante. En l'abaissant inégalement ou également, de la quantité nécessaire, aux deux extrémités, on donne au galbord le pli convenable.

Une autre disposition de la même machine permet d'exécuter simultanément les doubles plis des galbords et des quilles des bâtiments à quille plate. Deux rouleaux AA' (*pl.* 114, *fig.* 783), actionnés par des leviers, rabattent la tôle; un lourd poids en fonte B la maintient pendant l'opération. Des pièces en fonte CC', boulonnées sur la base de la machine, coulées suivant la forme de l'arrondi à obtenir, empêchent le pli d'être trop brusque. Enfin des cornières d'attache DD' reçoivent des gabarits en tôle, qui déterminent l'inclinaison que doit prendre la tôle aux divers points de la longueur du galbord. Les rouleaux ont des tourillons disposés de manière à permettre, en abaissant une extrémité plus que l'autre, d'obtenir un acculement variable.

A défaut d'autre installation, on peut plier les galbords sur des taquets en bois, représentant d'un côté la quille, de l'autre la membrure, et en les comprimant, au moyen d'une traverse en fer, abaissée parallèlement à elle-même, soit au moyen de vis, soit au moyen de palans. Quel que soit l'appareil employé, on n'obtient jamais la forme définitive du galbord, que l'on doit corriger après coup par un travail au marteau.

Quand les tôles sont très contournées, comme celles qui recouvrent à l'arrière le tube d'étambot et la voûte, on ne peut pas les travailler à la machine à cintrer. On dispose alors un gabarit en fer carré de 10 à 12 millimètres (*pl.* 114, *fig.* 784), consolidé par des traverses, et au moyen de ce gabarit, on fait, à proximité du four à tôles, un moule en creux avec de la terre mouillée et battue.

On chauffe la tôle au blanc, on la conduit au moule sur un chariot, et on l'y enfonce avec des masses en bois; puis, quand elle est moins chaude, on l'amène à la forme du gabarit le mieux possible, en se servant alors de marteaux de chaudronnier. On la présente à bord à sa place, on marque les parties défectueuses, et on les corrige à l'atelier par des chaudes partielles à la forge. Quand on est arrivé à la forme exacte, on reporte une dernière fois la tôle en place ; on y perce deux trous, qui permettront de la bien tenir par des boulons. On trace les contours et les trous de rivets, et on termine par le poinçonnage et le cisaillage; le parage des bords se fait alors à la main, et à l'aide du burin. Le même travail peut se faire au moyen de gabarits en bois, au lieu de gabarits en fer.

Bordé des ponts, tôles gouttières, vaigres. — La préparation du bordé des ponts, des tôles gouttières et des hiloires n'offre aucune difficulté, et s'exécute au moyen de gabarits à claire-voie, repérant les trous poinçonnés dans les barrots et les cornières d'attache à la muraille. On marque, s'il y a lieu, sur les tôles gouttières les trous d'allégement, que l'on débouche comme ceux des varangues. Il en est de même du vaigrage, qui s'exécute par les mêmes procédés que le bordé extérieur.

Cloisons étanches. — Les cornières qui bordent les cloisons étanches sont souvent chanfreinées, pour faciliter le matage; après les avoir façonnées et percées, on les installe sur des tasseaux ou sur une plate-forme, et on présente les tôles de la cloison, rabotées sur leurs quatre arêtes; on y contremarque les trous de rivets des cornières, et on distribue les trous de rivets des joints horizontaux et verticaux. On s'assure avec des cordeaux que les tôles sont dans un même plan; si elles formaient une surface courbe, la cloison ne serait pas apte à jouer efficacement le rôle de tirant, réunissant les deux murailles. On présente aussi les montants horizontaux et verticaux, et on marque leurs trous d'attache. Il ne reste plus alors qu'à poinçonner les tôles, contremarquer leurs trous sur les montants, pour pouvoir assembler le tout.

Sur les petits navires, où les cloisons sont légères, il sera plus avantageux de faire le rivetage à terre, et de monter, s'il est possible, la cloison d'une seule pièce; sur les grands navires, on mettra d'abord en place les cornières du contour, on fera le montage tôle par tôle, sur boulons, et ensuite le rivetage; on procédera de la même façon pour les cloisons longitudinales. Dans les unes comme dans les autres, quand il n'existe pas de porte dans les fonds, on réserve une tôle, qui ne sera mise en place qu'à la fin de la construction, afin de permettre une circulation de plain-pied dans la cale. Il est avantageux, quand on dispose à l'atelier d'une riveuse mécanique, de river à l'avance chaque couvre-joint avec l'une des deux tôles à réunir ; on diminue ainsi de près de moitié le rivetage à la main. On emploie quelquefois ce procédé pour le vaigrage.

Vérification du rivetage. — C'est dans la bonne exécution du rivetage que réside toute la solidité de la construction; quelque bonnes et bien façonnées que soient les tôles et les barres profilées qui y entrent, elle n'aura aucune valeur, si les différentes pièces ne sont pas exactement mises en contact, et tenues par des rivets remplissant complètement des trous en parfaite correspondance ; aussi ne saurait-t-on donner trop de soins à cette partie du travail.

Avant tout rivetage, la coïncidence des trous doit être exactement vérifiée par un surveillant, qui y passe une broche, d'un diamètre inférieur de 1 millimètre à $1^{mm},5$ à celui du rivet; si la broche ne peut pénétrer, les trous doivent être raccordés à l'alésoir. Une fois le rivetage d'une couture terminé, on doit le vérifier, en frappant sur toutes les têtes de rivets au marteau; en touchant le rivet du côté opposé, on apprécie, d'après la nature du choc, si le rivet n'est ni cassé, ni trop lâche dans son trou. On examine les têtes, qui souvent se fendent; quand les fentes sont pro-

noncées, le rivet doit être changé ; on examine également les rivures, qui, quand elles sont à tête plate, ne doivent jamais être concaves, et, quand elles sont à tête saillante, doivent être régulières et sans fentes. De distance en distance, on peut faire sauter la tête d'un rivet, et chasser son fût avec un repoussoir, pour s'assurer de sa tenue ; enfin, si on a des doutes sur l'accostage des tôles, on peut faire enlever deux rivets non consécutifs, et passer dans leurs trous des boulons, que l'on souque à refus ; si le rivet intermédiaire, laissé en place, ne bouge pas, on en conclut que le travail a été bien fait. Les nombreuses vérifications, déjà utiles pour assurer le fini du travail dans les arsenaux, le sont plus encore dans les chantiers de l'industrie, où le travail à la tâche conduit souvent l'ouvrier à s'attacher plus à la quantité qu'à la qualité du travail.

CHAPITRE XXXIII.

EMPLOI DE L'ACIER.

Historique. — Ce n'est que depuis une douzaine d'années, que l'emploi de l'acier a été introduit sur une vaste échelle dans la construction des navires. Grâce aux progrès récents et considérables de la métallurgie, on est parvenu, par les procédés Bessemer, Martin, Siemens, à obtenir un métal homogène, peu carburé, assez différent des métaux vifs et très carburés, qu'on était habitué jusqu'à ce moment à considérer comme le type unique de l'acier, pour qu'on lui ait donné à l'origine le nom de métal fondu, auquel s'est substitué depuis celui d'acier doux.

On est arrivé à façonner ce nouveau métal en tôles et barres profilées, donnant une résistance supérieure à celle du fer le meilleur, 45 à 50 kilogrammes, au lieu de 34 kilogrammes, un allongement considérable à la rupture, 20 à 25 0/0, enfin une égalité de résistance dans tous les sens, précieuse surtout pour les barres profilées, qui, quand elles sont formées de mises de fer soudées, n'ont qu'une très faible résistance transversale. La supériorité de résistance permet de réaliser des économies de poids d'autant plus intéressantes à l'heure actuelle, que l'augmentation constamment recherchée dans la vitesse, l'artillerie et le blindage, conduit nécessairement à ne donner à la coque que le poids rigoureusement nécessaire. L'augmentation de la puissance offensive et défensive est l'objectif de l'architecture navale militaire ; dans la marine du commerce, on ne recherche pas moins l'augmentation de la vitesse et du port ; l'emploi de l'acier, en permettant de réduire le poids consacré à la coque, a fait faire un pas considérable à l'industrie des transports maritimes.

C'est sur le Redoutable, construit sur les plans de M. l'inspecteur général du Génie Maritime de Bussy, qu'on s'est décidé pour la première fois à faire au métal nouveau une place, qui n'a fait que s'élargir depuis. Les marchés conclus le 10 mars 1873, avec les usines du Creusot et de Terrenoire, comprenaient les matières nécessaires à la totalité du navire, à l'exception du bordé extérieur, jusqu'à la chaise de cuirasse. En Angleterre, ce n'est qu'en 1875, sur les croiseurs l'Iris et le Mercury, qu'on s'est décidé à entrer dans la même voie, mais plus complètement : le bordé extérieur est en acier comme la membrure.

Accidents de fabrication au début. — Il n'est pas étonnant qu'une fabrication nouvelle ait donné lieu au début à quelques mécomptes, dont on s'est ému peut-être plus que de raison, et d'autant plus vivement, qu'on ne pouvait saisir aucune loi les reliant entre eux. Des pièces complètement terminées se brisaient sous les influences les plus minimes, et souvent sans cause apparente ; des tôles formées, percées, prêtes à être mises en place, puis abandonnées à elles-mêmes, se

retrouvaient cassées ; d'autres se rompaient quand on les rivait. En un mot, l'acier a présenté, surtout après avoir passé au feu, des défauts dont la cause semblait insaisissable. On a cherché d'abord à expliquer ces accidents par la trempe dans un courant d'air, par l'influence du sol, etc...; mais ces hypothèses, qui paraissaient exactes pour un cas isolé, ne se vérifiaient pas dans d'autres circonstances. Ce n'est qu'à la suite des études entreprises en 1874 par MM. les ingénieurs de la marine Joëssel et Barba, que l'acier a été nettement défini, et qu'on a trouvé des procédés pratiques, permettant de le mettre en œuvre, sinon sans plus de précautions que le fer, du moins sans plus d'accidents. Il n'est que juste d'ajouter qu'on ne peut guère comparer équitablement, à ce point de vue, un métal qu'on emploie depuis des siècles, à celui qu'on ne met en œuvre que depuis douze ans.

Causes des accidents. — D'après MM Joëssel (1) et Barba (2), les efforts variés et considérables, auxquels le façonnage, soit à chaud, soit à froid, soumet les pièces d'acier, font dépasser à quelques-unes de leurs parties leur limite d'élasticité, et réduisent par suite leur résistance vive de rupture; en outre ces efforts dénaturent le métal, et le transforment souvent en un métal différent et plus vif. L'acier est un carbure de fer mal défini, comprenant, outre le carbone dissous, dont la proportion détermine ses propriétés, du carbone à l'état de mélange; la répartition du carbone entre l'état de dissolution et l'état de mélange varie, d'après M. Barba, de la manière suivante :

1° La quantité de carbone, que le fer peut renfermer en dissolution, est d'autant plus grande, que la température est plus élevée.

2° Par un refroidissement lent, une partie du carbone se sépare de la dissolution, et reste à l'état de mélange.

3° Par un refroidissement brusque, ou une pression extérieure suffisante, la majeure partie du carbone se maintient en dissolution; le refroidissement brusque agit dans ce cas par la pression qui en résulte. Si le carbone est mélangé, une pression extérieure en provoque la dissolution, en plus ou moins grande proportion, suivant son intensité.

Il en résulte que les procédés, quels qu'ils soient, qui forcent la carburation de l'acier en certains points, tels que chocs, pressions violentes à froid, refroidissements brusques, font passer l'acier de l'état d'acier doux à l'état d'acier carburé, et que, pour lui rendre ses précieuses propriétés de douceur, il faut faire sortir une partie du carbone de l'état de dissolution, par un recuit et un refroidissement lent. Quand on force la carburation, l'acier devient plus résistant à la rupture, mais moins susceptible d'allongement; sa résistance vive de rupture diminue en même temps; si les altérations de ce genre sont locales, il en résulte que, sous un effort subséquent, les portions les moins extensibles supportent la totalité de la charge, et qu'une fois arrivées à leur déformation maxima, elles se déchirent en déterminant la rupture de la pièce entière, par un effet analogue à celui d'une saignée faite au burin.

Un travail récent de MM. Osmond et Werth (3), basé sur des études micrographiques, chimiques et calorimétriques, est venu modifier les idées admises jusqu'ici. Il conduit à admettre que le grain de l'acier est formé de cellules remplies de fer à peu près pur, et recouvertes d'une enveloppe ou ciment, composé d'un carbure de fer, qui domine dans l'acier recuit. Le fer contient en outre une certaine quantité de carbone en dissolution, et ces deux portions sont appelées par MM. Osmond et Werth *carbone de recuit* et *carbone de trempe*.

La proportion de carbone de recuit (ciment) est d'autant plus faible, et celle de carbone de

(1) Joëssel, Expériences sur les fers, les fontes et les aciers (*Mémorial du Génie maritime*, 1872).

(2) Barba, Étude sur l'emploi de l'acier dans les constructions, 1874.

(3) Osmond et Werth, Théorie cellulaire des propriétés de l'acier (*Annales des mines*, 1885).

trempe (dissolution) d'autant plus considérable, que le refroidissement à partir du rouge est plus rapide. Le carbone passe du premier état au second par dissociation à haute température, et un refroidissement brusque le maintient à l'état de carbone dissous; tandis qu'un refroidissement lent lui permet de se combiner de nouveau au fer, et de reconstituer le ciment. Telle est l'utilité du recuit. Le forgeage, dans cette théorie, ne paraît pas agir par le même mécanisme que la trempe, par un déplacement chimique du carbone; quand la température est assez élevée pour que le ciment devienne fluide, le pétrissage des molécules par le marteau le dissémine dans toute la masse, et réduit la dimension du grain. Mais si le forgeage ou les travaux analogues se font à une température trop basse (225 à 350 degrés), les chocs peuvent rompre le ciment qui agglutine les grains, et commencer là désorganisation du métal.

Les endroits des tôles ou fers profilés, que l'on a travaillés à chaud, frappés au marteau, poinçonnés, cisaillés, sont donc des points dangereux; les procédés, journellement employés sans inconvénient dans le travail du fer, doivent donc être abandonnés ou modifiés.

Mais il y a plus : la rupture peut très bien se produire en dehors et dans le voisinage de la partie travaillée, qui, en se déformant, en s'allongeant ou se raccourcissant, peut faire dépasser aux fibres des parties voisines leur limite d'élasticité, et les mettre hors d'état de résister à une tension ou à un choc, qu'elles supporteraient facilement à l'état normal. C'est ce qui explique la rupture, en dehors de la partie chauffée, des pièces ayant subi une chaude locale.

Précautions à prendre pour percer ou couper l'acier. — Il résulte des expériences de M. Barba, que, quand on poinçonne ou on cisaille l'acier, une zone de 1mm,5 environ est altérée par la pression de l'outil, et perd ses propriétés élastiques. Il suffira donc, pour pouvoir se servir sans danger de la cisaille, de raboter une lisière de 1mm,5, et, le rabotage des cans des tôles étant aujourd'hui d'un usage général, le supplément de travail qui en résulte est de peu d'importance; pour réduire au minimum la fatigue des tôles, il conviendra d'avoir des cisailles à grande longueur de lame, afin de diminuer le nombre des reprises, et quand on devra découper une ligne courbe, il faudra éviter autant que possible l'emploi du poinçon; on se servira soit d'une cisaille circulaire, soit d'un emporte-pièce à grand diamètre (*pl.* 114, *fig.* 785), soit d'une lame de cisaille enroulée suivant une section oblique (*pl.* 114, *fig.* 786) sur un cylindre, dont la section droite est le trou à faire dans la tôle. Enfin, dans bien des cas, pour poinçonner ou fendre les barrots par exemple, on se servira avantageusement de scies à métaux, scies à rubans, et plus souvent de scies circulaires, qui ne font subir au métal aucun effort de nature à l'altérer.

Pour les trous de rivets, on peut continuer à se servir de la poinçonneuse, qui est plus expéditive que le foret; mais il faut toujours se réserver une zone de 1mm,5, à enlever à la machine à percer; quelquefois on recule devant les transports et les montages, qu'exige l'emploi de deux machines, et on perce complètement les trous au foret : l'emploi de la poinçonneuse est généralement plus économique pour les tôles moyennes et fortes, et, à moins de cas exceptionnels, c'est à tort qu'on y renoncerait. M. Considère, ingénieur des ponts et chaussées, a proposé d'opérer sur les trous poinçonnés un recuit local, au moyen d'une petite forge portative, qui amène graduellement au rouge tous les points de la zone altérée. Mais l'emploi de ce procédé ne paraît pas plus avantageux, comme prix de revient, que l'agrandissement des trous au foret.

Précautions dans le formage à froid.— Les déformations à froid seront moins nuisibles, quand elles se feront par pression, et surtout par pression sur des surfaces étendues, que quand on les produit par choc. Le planage ou dressage des tôles au marteau doit être abandonné; il vaut mieux employer les machines à planer, dont nous avons parlé précédemment, ou, à défaut, des machines



à cintrer, qui courbent toutes les fibres, en produisant une déformation locale minime, et une pression égale sur toutes les parties de la tôle.

Le même genre de travail mécanique doit être adopté pour le cintrage des barrots, et des barres de cornière à grande courbure des lisses, qu'il n'est pas nécessaire de chauffer; l'emploi de presses à vis, ou mieux de presses hydrauliques, dont l'action se fait sentir progressivement, et que l'on fait porter sur une surface étendue de la pièce à courber, donne les meilleurs résultats; on peut, de la même manière, donner un équerrage peu considérable aux barrots et aux cornières des lisses, sans avoir recours au travail sur la plaque à cintrer, travail qui doit s'exécuter avec rapidité, et entraîne toujours quelques chocs nuisibles à la matière. Toutes les fois que le travail à froid n'aura pu s'exécuter complètement par des moyens mécaniques, on devra le terminer par le martelage, mais en prenant la précaution d'agir à petits coups sur la plus grande étendue possible, en s'y reprenant à plusieurs fois. Enfin toutes les fois qu'on aura agi sur l'acier soit par martelage, soit par pression d'une grande intensité, on devra lui faire subir un recuit.

Précautions dans le travail à chaud. — Le chauffage des tôles et barres en acier doit être, autant que possible, égal sur toute leur étendue; aussi emploie-t-on des fours munis de plusieurs foyers, ou mieux encore des fours à gaz du système Siemens, ou des systèmes analogues. La pièce doit être tirée du four à un rouge cerise clair, et ne doit pas dépasser cette température, sans quoi la texture fibreuse deviendrait cristalline au refroidissement. Le martelage ou le cintrage n'ont pas d'inconvénient, si on les arrête avant d'atteindre le rouge sombre ; le chauffage à haute température produit en effet, comme le martelage à froid, une dissolution du carbone mélangé, qu'un refroidissement lent, à l'abri de toute action mécanique, permet de ramener à son état primitif. D'autre part, la résistance de l'acier aux chocs passe par un minimum vers 250 degrés environ, et il est prudent de ne pas attendre qu'il descende à cette température, pour cesser le martelage. Toutes les fois qu'on n'aura pas amené la pièce à sa forme définitive, avant qu'elle n'arrive au rouge sombre, on ne devra pas continuer à la marteler; on la remettra au feu, sans chercher à économiser une seconde chaude.

Ces procédés doivent être suivis pour les barres profilées, comme pour les tôles; en outre, quand les barres devront être courbées sur la plaque, on évitera les efforts brusques et les points d'appui trop étroits; ainsi on fera bien de les faire ranger le long des broches au moyen de palans, actionnés par un cabestan, et de garnir les broches d'une lame de tôle, cintrée suivant le contour qu'elles suivent, afin d'éviter que la barre ne soit insuffisamment appuyée; l'acier étant plus mou à chaud que le fer, le bord des barres pourrait se déformer au contact des broches; les martelages doivent se faire non pas directement, mais sur une large chasse.

Autant que possible, on procédera par chaudes générales; la chaude locale a l'immense inconvénient, que, tandis que les fibres, qui n'en ressentent pas l'effet, conservent les mêmes positions, les parties voisines se dilatent en comprimant le métal qui les entoure, et en lui faisant dépasser sa limite d'élasticité. Le métal perd son homogénéité, et quand il a à subir une déformation ultérieure, ses différentes fibres, ne travaillant plus ensemble, peuvent se rompre sous un faible effort. Ces ruptures ont lieu souvent par suite de faits sans importance, choc d'un marteau, coup de pointeau, abaissement de la température, et le plus souvent en dehors de la partie chauffée, dans la matière comprimée, qui a subi une déformation permanente.

On évitera en grande partie ces dangers, en chauffant graduellement l'acier dans un feu de charbon de bois, et en disposant des charbons ardents sur une certaine étendue, autour de la surface qu'on doit fortement chauffer, en diminuant graduellement la température, au fur et à

mesure qu'on s'en éloigne ; on répartit ainsi la dilatation sur une plus grande étendue, et on évite des pressions exagérées. Le recuit général, quand il pourra se faire, sera aussi dans ce cas une bonne précaution.

Des effets analogues et inverses se produisent, quand les pièces d'acier sont soumises à un refroidissement brusque et inégal ; on devra donc toujours éviter de les placer, immédiatement après le travail, sur des surfaces froides, ou dans un courant d'air; il sera même prudent de les recouvrir de quelques pelletées de sable ou de fraisil.

Recuit. — Le recuit, qui devra être donné aux pièces d'acier, après les martelages ou les déformations importantes, devra être fait au rouge cerise ; s'il est possible de réserver un four spécial pour ce travail, on y empilera les pièces à recuire, et, après les avoir portées à la température voulue, on les y laissera refroidir, le four fermé, et à l'abri de toute inégalité dans l'abaissement de la température. Dans le cas contraire, on les en sortira, et on les placera dans un endroit abrité, et sous une couche de fraisil.

L'action de la chaleur rend au métal l'élasticité perdue dans le travail, et l'homogénéité, que la dissémination irrégulière du carbone a fait disparaître ; le refroidissement lent et uniforme permet au carbone mélangé de sortir de l'état de dissolution. Il ne faut pas porter trop haut la température, sans quoi l'acier prendrait une texture cristalline sans résistance.

Soudures. Pièces étampées. — Pendant longtemps la soudure de l'acier sur lui-même a été considérée comme une opération presque impossible à réussir, et, quand on avait à souder à onglet des cornières, on interposait une amorce de fer. Quelquefois on ne coupait pas l'aile destinée à rester plane, et on écrasait au marteau le renflement qu'elle formait, au prix d'un travail long et pénible, et d'un aspect défectueux. Avec les qualités d'acier que l'on a aujourd'hui, et grâce à une plus longue expérience, ces soudures s'obtiennent sans difficulté, et résistent aux essais de traction, tout aussi bien que le reste de la pièce.

Un mode de travail, auquel les qualités de ductilité et d'homogénéité de l'acier le préparent encore mieux que le fer, est le travail d'étampage, qui se fait facilement aujourd'hui, au moyen de presses hydrauliques. Nous donnons quelques dessins de pièces obtenues par ce procédé, cadres à épaulement pour faire l'étanche autour des fers profilés (*pl.* 114, *fig.* 787-788), coupelles hexagonales (*pl.* 114, *fig.* 789-790), têtes d'épontilles (*pl.* 114, *fig.* 791); ces pièces, d'une fabrication facile, et d'une extrême légèreté, se répandent de plus en plus dans la construction.

Toutes les précautions que nous avons énumérées, très nécessaires au début de la construction en acier, par suite de l'irrégularité du métal, le sont moins aujourd'hui ; les procédés de fabrication, rapidement perfectionnés, fournissent des produits d'une homogénéité beaucoup plus grande. Grâce à leur emploi, on est arrivé à réduire dans une énorme proportion le nombre des accidents.

Ainsi, de 1873 à 1877 (1), les arsenaux de la marine ont mis en œuvre 2177 tonnes d'acier doux ; la proportion des pièces manquées a été de 1,09 0/0 ; celle de la partie de ces pièces qui n'a pu avoir aucune utilisation a été de 0,37 0/0. Du 1er mai au 1er novembre 1880, on a employé 3190 tonnes ; la proportion des pièces manquées n'a plus été que 0,47 0/0, celle des déchets non utilisés 0,14 0/0. Il est juste d'ajouter que, dans les dernières années, les précautions prises ont été beaucoup moins strictes, surtout en ce qui concerne les recuits ; que, pour toutes les pièces qui n'ont pas besoin d'une solidité maxima, on est revenu souvent à l'emploi du poinçon, sans alésage et sans recuit, et qu'en revanche l'habileté manuelle de l'ouvrier s'est grandement accrue.

(1) Berrier-Fontaine, ingénieur de la marine (Transactions of the *Institution of Naval Architects*, 1881).

Réduction des échantillons. — La réduction des échantillons des coques, but des préoccupations de l'ingénieur, ne peut être isolée de la réduction de la dépense. Dans les premières années de son emploi dans la construction, l'acier, à poids égal, se payait un prix notablement plus élevé que le fer; depuis, les prix ont tendu à s'égaliser, peut-être même l'acier doux est-il déjà plus économique. Au début, se plaçant uniquement au point de vue de la résistance, on espérait, l'acier ayant une résistance supérieure de moitié à celle du fer (45 kilogrammes au lieu de 30), arriver à une réduction de poids de 30 0/0. Ces prévisions étaient exagérées; il faut tenir compte de l'usure, et, dans bien des points, on ne peut descendre au-dessous d'un certain minimum, ce qui ne rend pas des réductions proportionnelles partout admissibles; ainsi, le bordé, les cloisons étanches supportent des efforts normaux à leur surface, qui ne permettent pas de beaucoup les réduire: les rivets, fraisés dans des tôles trop minces, n'auraient pas une tenue suffisante. Enfin, s'il s'agit du bordé extérieur, la corrosion semble jusqu'ici agir plus activement sur l'acier que sur le fer.

Quoique sur certains navires on soit arrivé à réduire les échantillons de 30 0/0, et même de moitié pour des coureurs de blocus, il n'est pas prudent de compter sur une réduction moyenne supérieure à 20 0/0. Sur les tôles du bordé, gouttières, cloisons étanches, carlingues, on peut arriver à des réductions de 18 0/0 à 25 0/0; sur les varangues et cornières, barres profilées, 10 à 15 0/0.

Pour prendre un exemple dans notre marine des économies que ces réductions représentent, nous citerons le Courbet (1), sur lequel l'emploi de l'acier pour la membrure, le vaigrage et le bordé extérieur des hauts, a donné une économie de 17,5 0/0 sur le poids de coque; si le bordé des œuvres vives avait été fait en acier, l'économie eût été de 20 0/0. L'économie d'argent, en tenant compte des prix respectifs du fer et de l'acier, au moment de la construction de ce navire, a été de 7,95 0/0; elle aurait été, dans le second cas, de 12,4 0/0.

(1) Berrier-Fontaine, ingénieur de la marine (Transaction of the *Institution of Naval Architects*, 1881.)

CHAPITRE XXXIV.

CONSTRUCTIONS COMPOSITES — PROTECTION DES CARÈNES EN FER, DU BLINDAGE.

Salissure des carènes en bois. Doublage. — Jusqu'à la fin du XVIIIe siècle, les constructeurs de navires ne s'occupèrent que faiblement des moyens de protéger les carènes contre les herbes et les animaux marins, qui s'y attachent en grande quantité, ralentissent la marche du navire et percent les pièces de charpente, en produisant des voies d'eau. Pendant longtemps, les seuls modes de protection usités ont été l'addition d'un soufflage en sapin d'un demi-pouce d'épaisseur, ou le mailletage, employé par la Compagnie des Indes, procédé qui consistait à garnir toute la carène de clous en fer, à larges têtes en contact les unes avec les autres. La rouille qui se formait avait bientôt comblé les vides laissés entre les têtes, et protégeait les portions de bois laissées à découvert ; mais la surface obtenue était rugueuse, et offrait une prise facile aux coquillages et aux herbes.

Pour les navires non mailletés, le seul procédé de mise en état, employé encore aujourd'hui pour les petits navires de commerce, consistait à abattre le navire en carène, à le gratter, à le chauffer, et à le couvrir d'un enduit composé de brai sec, de soufre et d'huile de poisson, appliqué au guipon ; opération dangereuse, qui amenait de fréquents incendies.

Ce n'est qu'à partir de 1760, qu'on chercha à obtenir, par l'application de feuilles de cuivre laminé, une surface inattaquable aux tarets, sur laquelle les coquillages et les herbes eussent peu d'adhérence. La conservation de la vitesse n'était pas, à cette époque, au même degré qu'elle l'est aujourd'hui, l'une des premières préoccupations du marin et de l'ingénieur.

Néanmoins, le grand nombre d'essais entrepris dans les vingt dernières années du XVIIIe siècle prouve l'importance que l'on attachait déjà à cette question, et que la création de la marine à vapeur est venue considérablement augmenter.

La vitesse des navires doublés en cuivre est supérieure, parce que le cuivre a un poli bien plus parfait que celui du bois, et surtout que celui du bois mailleté ; plongé dans l'eau de mer, le cuivre se couvre d'une couche mince et peu adhérente de vert-de-gris, sur laquelle les végétaux et les animaux ne peuvent vivre que difficilement, soit par suite de cette faible adhérence, soit parce que le vert-de-gris est un poison pour eux. Il suffit d'un nettoyage facile, une fois le bâtiment échoué dans un bassin, pour rendre au cuivre sa netteté ; à flot, l'emploi de *gorets*, grandes brosses emmanchées, et maniées avec des palans, permet d'arriver à un résultat presque aussi bon. C'est pourquoi toutes les tentatives faites pour réduire l'usure du cuivre ont eu pour conséquence une salissure rapide de la carène, et une réduction de la vitesse. L'échec de Davy, qui voulait protéger

le doublage, en plaçant à proximité des masses de fer destinées à une rapide oxydation, en a été la démonstration.

Les doublages se font actuellement soit en cuivre rouge, soit, dans un but d'économie, en bronze et en laiton ; le bronze (5 à 6 0/0 d'étain) s'use peu, et par suite se salit plus que le cuivre rouge ; le laiton (30 à 40 0/0 de zinc), très employé dans le commerce, s'use plus rapidement que le cuivre. En Angleterre, on emploie des doublages en métal Müntz, composé de 55 0/0 de cuivre, 41,75 0/0 de zinc, 3,25 0/0 de plomb, qui donnent de bons résultats. On emploie également le zinc comme doublage, en France, pour les bâtiments de servitude, en Angleterre, pour des bâtiments de plus grande dimension ; on verra plus loin dans quel but. Le zinc dure longtemps, et ne se couvre pas trop de dépôts.

Le cuivre est appliqué par feuilles de $1^{m},50 \times 0^{m},40$, dont l'épaisseur varie de $0^{mm},8$ à 1 millimètre ; pour les parties sujettes à des contacts particulièrement rudes, portage des ancres, éperon, on emploie du cuivre en planches, de 5 à 6 millimètres d'épaisseur.

Les feuilles de cuivre sont tenues par des clous en bronze, contenant 7 0/0 d'étain, dont les longueurs varient de 25 à 35 millimètres ; le perçage des feuilles est fait soit à la main, soit dans une sorte de laminoir, dont un cylindre porte une série de poinçons, et l'autre des matrices correspondantes. Les clous sont placés à 10 millimètres du bord, à des distances de 46 millimètres les uns des autres ; dans l'intérieur, ils sont répartis soit en quinconce, soit en carré, à une distance de 10 centimètres. On ne perce pas à l'avance les trous des bords, qui doivent être recouverts par les feuilles voisines, et doivent par suite correspondre aux trous de ces feuilles ; le recouvrement est de 3 centimètres, et les feuilles sont disposées par virures longitudinales. La ligne du cuivre, ou limite supérieure du doublage, appelée par les calfats *ligne de science*, doit être à 30 ou 40 centimètres au-dessus de la flottaison en charge au milieu ; on la relève aux extrémités, et plus à l'avant qu'à l'arrière.

Le doublage était appliqué jusqu'à ces dernières années dans les arsenaux sur une couche de feutre animal goudronné, qui permettait de moins soigner le rabotage de la carène, et que l'on jugeait devoir mieux conserver le calfatage ; on goudronnait l'emplacement de chaque feuille de feutre, et cette feuille elle-même, avant sa mise en place, avec un mélange de brai gras et de goudron végétal. On obtient malheureusement par le feutrage une surface moins unie, la pression de chaque clou produisant une légère déformation du feutre et du doublage ; aussi a-t-on remplacé le feutre par une double couche de papier, trempé dans du goudron minéral (1).

Salissure des carènes en fer. Peinture. — La salissure des carènes a une bien plus grande importance, quand il s'agit des navires en fer, dont la surface, naturellement rugueuse, ne peut que difficilement être recouverte de cuivre, sans que le contact galvanique, qui s'opère par l'intermédiaire de la mer, ne produise une rapide usure. L'emploi de vernis, de plaques parfaitement lisses, telles que du verre, n'a donné aucun résultat, et, quand on veut empêcher les dépôts, et préserver le fer de l'oxydation, on se borne le plus souvent à le revêtir d'une peinture adhérente, couvrant bien la surface, et souvent additionnée, dans la couche extérieure, d'une substance toxique, lentement soluble.

La peinture la plus adhérente est la peinture au minium ; trois couches sont nécessaires pour bien couvrir, après grattage complet, deux après nettoyage ou réparation ; la protection obtenue

(1) Circulaire du 16 janvier 1885. On ne conserve le feutre que pour les navires fatigués, et destinés aux campagnes lointaines.

ne serait pas suffisante, si la dernière couche n'était additionnée d'un cinquième de sulfate de bioxyde de mercure, sel très vénéneux, qui se dissout peu à peu, et détruit les coquillages.

Un procédé fréquemment employé à Liverpool consiste à recouvrir la carène de trois couches de peinture au blanc de zinc, puis de deux couches de suif, mélangé de minium. Au bout de quelque temps de service, les couches extérieures de suif se détachent, et laissent à nu une carène encore parfaitement propre.

Le coaltar adhère bien au fer, mais se salit rapidement ; on ne l'emploie que pour les bâtiments de servitude.

Depuis quelques années, on a substitué, dans beaucoup de cas, aux peintures à prise lente, comme le minium, des peintures très siccatives, qui permettent de mettre le bâtiment à l'eau presque immédiatement, et souvent même ne peuvent attendre que quelques heures à l'air, sans se détacher par une dessiccation très rapide. Cela permet de réduire à une très courte durée le séjour au bassin, si onéreux pour les navires de commerce, par les frais et le chômage qu'il entraîne. Telles sont les peintures Sim, Bubaton, Mourey, et la peinture Adam, à la gutta-percha et au vert de Schweinfurth, employée à Cherbourg. Avec cette dernière, on peut mettre le navire à l'eau huit à dix heures après l'application de la dernière couche ; on peut aussi attendre quelques jours.

L'extrême difficulté qu'on éprouve à conserver une carène en fer dans un état de propreté suffisant, la vitesse inférieure, que sa rugosité entraîne, ont fait longtemps rechercher des moyens de la recouvrir de cuivre, ou d'un autre doublage lisse. Après beaucoup d'essais, on n'est arrivé qu'aux deux solutions suivantes :

1° Construction composite, c'est-à-dire suppression du bordé en fer, et application directe, sur des membres en fer, d'un bordé en bois, que l'on double à la manière ordinaire ;

2° Quand le bâtiment a de trop fortes dimensions, ou demande trop de solidité pour pouvoir être construit par la méthode précédente, addition sur le bordé en fer, plus mince qu'à l'ordinaire, d'un soufflage en bois recouvert soit de cuivre, soit de zinc.

Construction composite, système Arman. — La difficulté majeure, dans le système de construction composite, est l'attache des bordages en bois sur des membres en fer espacés et étroits, auxquels ils ne peuvent pas être reliés par des chevilles, mais par des boulons susceptibles de se guillotiner. Pour éviter cet inconvénient et conserver les avantages du navire en bois, tout en réalisant la solidité des navires en fer, M. Arman, constructeur à Bordeaux, avait adopté un système (*pl.* 115, *fig.* 792-793), dans lequel la coque se composait d'une charpente en bois disposée comme à l'ordinaire, dont les membres étaient réduits à l'échantillon strictement nécessaire pour la tenue du bordé. Il superposait à cette charpente, douée de peu de rigidité, une série de porques obliques en fer, formées de cornières en Z, solidement fixées sur chacun des couples en bois qu'elles rencontraient. Ces porques sont réunies entre elles par une carlingue centrale et des ceintures latérales, qui les relient également avec les couples en bois, par des chevilles qui traversent ceux-ci, et avec des ceintures en bois, disposées entre les porques obliques en fer. Dans ce système, les barrots sont en fer ; ceux des gaillards sont directement rivés sur les porques en fer, rendues verticales à cet effet à leur extrémité supérieure ; ceux des ponts intermédiaires sont fixés sur des bauquières en tôle et cornières, rivées aux porques en fer, et chevillées à travers les ceintures en bois et les membres.

Ce système, d'une exécution assez délicate, a donné quelques navires d'une extrême légèreté ; on est arrivé, sur un navire de 1,000 tonneaux de déplacement, à un poids de coque de 20 0/0 seulement, chiffre exceptionnellement peu élevé. Sa complication n'a pas permis qu'il se répandît,



et, depuis la fermeture des chantiers Arman, il n'a été construit de navires composites que dans le système plus simple que nous allons décrire. La marine militaire a eu quelques navires, l'aviso le Surcouf, le transport la Dordogne, etc., construits dans le système Arman.

Système ordinaire. — Le système de construction composite le plus répandu consiste à exécuter en fer, et d'après les dispositions ordinaires, la membrure et le barrotage; à la revêtir ensuite d'un bordé en bois en une ou deux épaisseurs. Admis par le Lloyd pour les bâtiments de commerce, ce système a été aussi adopté, avec quelques modifications, pour les bâtiments de guerre de petites dimensions. Nous donnons comme type de ces constructions une coupe au milieu et une vue intérieure d'un navire construit suivant les règles du Lloyd (*pl.* 115, *fig.* 794-795), et pour une canonnière, l'Étoile (*pl.* 116, *fig.* 796-797), construite à Lorient avec deux plans de bordages, une coupe au milieu, et un développement intérieur.

Les membres sont disposés comme sur les bâtiments en fer, et composés de deux cornières, ou d'un fer en U, et d'une tôle varangue; ils sont réunis, le plus souvent, par une carlingue intercostale dépassant les varangues, et bordée d'un fer à boudin, quelquefois par une carlingue en double T ou tubulaire; les barrots sont disposés à la manière ordinaire; des carlingues latérales et des ceintures sont placées dans la cale. Extérieurement, les membres sont réunis par une tôle de quille, une virure de bouchain, une virure de préceinte en tôle, et, généralement, deux plans de lattes diagonales, allant de la préceinte au bouchain, et rivées avec ces virures longitudinales.

Les membres sont composés de cornières aussi longues que possible; ils sont rivés à la tôle de quille, et doublés en ce point par un bout de cornière de $1^m,20$ de long, qui fournit des rivets supplémentaires; les pannes des cornières doivent avoir leurs faces parallèles, afin que les écrous des boulons du bordé portent bien. Quelquefois la carlingue est continue; les membres sont alors interrompus, et sont solidement rivés au travers de la carlingue.

L'écartement des membres, d'après le Lloyd, ne doit pas être supérieur à $0^m,46$. On a souvent dépassé cette limite : sur les canonnières Lion, Météore, etc., la distance de gabariage en gabariage est de $0^m,80$, soit $0^m,69$ entre membres.

La préceinte a pour largeur au couple milieu $\frac{1}{72}$ de la longueur du navire, et est réduite d'un quart de sa largeur aux extrémités; elle se compose de feuilles de tôle, assemblées à trois rangs de rivets; ses écarts doivent être séparés de ceux de la tôle gouttière de trois intervalles de membres au moins. La virure de bouchain, qui n'est pas exigée quand le bordé est diagonal en deux épaisseurs, a pour largeur les deux tiers de la préceinte, avec réduction de moitié aux extrémités.

Les lattes diagonales ont pour largeur le tiers de celle de la préceinte; elles viennent se river par paires avec la préceinte dans une maille, descendent sous une inclinaison de 45° environ, rencontrent une autre latte de direction opposée, avec laquelle elles sont rivées, et viennent enfin s'attacher en maille au bouchain; on les supprime également dans le cas du bordé diagonal. Quelquefois on supprime la virure de bouchain, et on fait descendre les lattes jusqu'à la quille, avec laquelle on les rive.

La quille plate en tôle s'étend de l'avant à l'arrière, et remonte aux extrémités le long de l'étambot et de l'étrave; quand il y a une carlingue intercostale, elle est raidie par les cornières d'attache de cette carlingue. Les écarts doivent être éloignés de ceux de la quille en bois.

Quille en bois. Étrave. Étambot. — La quille en bois se compose de pièces reliées par des écarts longs, tenus par 4 ou 5 chevilles, rivées sur rondelles. Dans chaque maille, un boulon vertical à écrou réunit la quille en bois à la quille en fer; les galbords sont chevillés horizontalement, et ont pour hauteur les deux tiers de celle de la quille. A l'avant, la quille en tôle se relève

(*pl.* 116, *fig.* 798), et avec la carlingue intercostale forme marsouin ; les bords repliés fournissent des points d'attache aux aboutissements du bordé.

Quand l'étrave en bois est en deux plans, le premier plan est rattaché à la tôle, le deuxième est rattaché au premier (*pl.* 116, *fig.* 799), ou, ce qui vaut encore mieux, chevillé au travers des cornières qui forment contre-étrave (*pl.* 116, *fig.* 800). A l'arrière, la quille en bois est surélevée au presse-étoupes, et forme un massif traversé horizontalement par le tube d'étambot; pour consolider le massif, on le compose souvent d'un plan central de pièces à peu près horizontales (*pl.* 117, *fig.* 801), croisées à angle droit par deux plans de pièces verticales; puis, celles-ci n'offrant pas une tenue suffisante aux vis qui fixent les membres sur le bois, la quille en tôle étant arrêtée au presse-étoupes, on prolonge les membrures par un morceau de tôle verticale, de même largeur qu'elles, tenu par des vis à bois horizontales A, qui concourent avec les vis verticales B à la fixation des membres. A partir de l'étambot avant, les membres reposent sur le sommier, et lui sont liés par des vis à bois.

Autant que possible, on ne met pas en contact le fer ou l'acier avec des pièces de chêne ou d'orme, qui pourraient les oxyder; la quille est en teak dans les parties droites, ainsi que la pièce supérieure du massif; sinon on interpose toujours une planchette en teak de 40 millimètres entre le bois et le fer, pour éviter l'oxydation; c'est ainsi qu'on fait généralement pour l'étrave, dont les formes courbes ne permettent pas le plus souvent l'emploi du teak.

Bordé extérieur. — Le bordé extérieur est établi en un ou deux plans; l'épaisseur totale varie, d'après les règles du Lloyd, de 10 à 20 centimètres. Il est fixé aux membrures par des boulons en cuivre, en laiton, en bronze, ou en fer zingué ou non zingué, avec écrous à l'intérieur. Dans le cas de l'emploi du fer, on fait exception pour les chevilles les plus importantes, celles des écarts, des aboutissements avant et arrière, celles du massif, de la quille, de l'étrave et des galbords, qui doivent toujours être en cuivre ou en laiton; de plus le bordé doit être, dans ce cas, séparé du doublage en cuivre par un doublage en bois de 30 millimètres.

La distribution des écarts est la même que sur les bâtiments en bois; ils sont placés dans la maille (*pl.* 117, *fig.* 802), et fixés par deux chevilles sur une pièce de tôle longitudinale, réunissant les deux membres voisins; l'assemblage se fait à écart long. Quand il y a deux épaisseurs (*pl.* 117, *fig.* 803), on allège un peu la construction, en assemblant les bordages du plan intérieur à écart long, au droit d'un couple, et en les fixant par deux boulons, qui traversent le couple, et deux vis à bois placées de chaque côté. Quant au plan extérieur, il est assemblé sur le premier à écart ordinaire, et l'écart est fixé par quatre boulons traversant le premier plan.

La meilleure essence pour le bordé est le teak; quand on emploie du chêne ou d'autres bois acides, on interpose du feutre et de la peinture entre le bordé, et les tôles et cornières de la membrure.

Quand le bordé a moins de 12^{cm},5 d'épaisseur, les têtes des boulons doivent avoir un ergot (Lloyd) les empêchant de tourner; suivant l'épaisseur, il y a sur chaque membre un point d'attache ou deux, ou alternativement un et deux; tous les écarts reçoivent deux boulons. Quand le bordé est en deux épaisseurs, le plan extérieur est relié au plan intérieur par des chevilles rivées sur virole, espacées de 20 à 25 centimètres, alternativement rapprochées de chaque can. Quelquefois aussi les boulons, qui traversent la membrure, sont remplacés par des chevilles rivées sur virole; ce mode d'attache a été employé pour quelques canonnières construites par M. Normand.

Si le chevillage est en fer, les têtes des chevilles doivent être noyées, et recouvertes de glu marine et d'un tampon de bois, dont les fibres sont dirigées dans le même sens que celles du bordé;



la cheville est rendue étanche dans son trou, par une cravate de chanvre enduite de céruse. Ces précautions sont également utiles, quand on emploie des chevilles de cuivre ou de laiton, afin d'éviter l'introduction de l'eau de mer, au contact du chevillage et de la membrure; il est bon également, surtout dans les fonds, de recouvrir les écrous d'un glacis de ciment et de glu marine. Dans les arsenaux anglais, on pousse les précautions jusqu'à tarauder dans les cornières et les tôles les trous de passage des boulons, afin de rendre leur tenue indépendante de celle des têtes.

Au droit des virures de tôles longitudinales (*pl.* 117, *fig.* 804), le premier plan reçoit des boulons, comme sur les membres; le plan extérieur est fixé sur le premier par des vis à bois.

L'aboutissement des bordages sur l'étrave se fait dans une ou deux râblures, pratiquées dans l'étrave en bois (*pl.* 116, *fig.* 799); ils y sont fixés par des vis à bois ou des chevilles transversales. Pour leur assurer une meilleure tenue, on rabat deux pinces au prolongement de la tôle de quille, suivant les formes de l'extérieur membres, et on boulonne le premier plan au travers de ces pièces; quelquefois aussi (*pl.* 116, *fig.* 800), on rive deux bandes de tôle latérales, sur lesquelles aboutissent les bordages.

On voit, par ce qui précède, que le but principal des précautions multiples, dont il a été question, est d'empêcher toute communication, par l'intermédiaire de la mer, entre le doublage en cuivre et la membrure en fer, ce qui donnerait lieu à une usure rapide de cette dernière. On n'y arrive qu'en soignant beaucoup le calfatage et le chevillage, qui, traversant des pièces de faible épaisseur, peut difficilement être forcé dans les trous, comme dans les fortes membrures d'un bâtiment en bois. L'emploi d'un double bordé remédie assez bien aux défectuosités du système, mais est assez coûteux; aussi a-t-on cherché dans l'emploi du zinc une protection efficace pour la charpente; le zinc étant un protecteur pour le fer, on peut alors adopter le chevillage en fer, sans avoir à craindre son altération.

Un des inconvénients de la construction composite est l'absence de remplissage des fonds; les navires en fer ont le même défaut, il est vrai; mais il est plus facile, dans ces derniers, de le corriger, par la subdivision de la cale, ou l'établissement d'un double fond.

Système de construction de l'Annamite. — La construction composite offre l'avantage de fortes liaisons longitudinales, supportant une enveloppe moins perméable à la chaleur que le bordé des bâtiments en fer; aussi a-t-on cherché à réaliser cet avantage par une construction mixte, dans laquelle le bordé, appliqué sur des membres alternativement en bois et en fer, a une meilleure tenue que celui des bâtiments composites.

Un essai de ce système, proposé par M. Cazelles, ingénieur de la marine, a été fait sur le transport de Cochinchine l'Annamite; sur ce navire (*pl.* 117, *fig.* 805-806), la membrure est constituée alternativement par un couple double en bois *aa*, à petite maille, et par un membre en fer *bb*, composé d'une âme en tôle, bordée de deux cornières placées de côtés opposés; l'échantillon sur le tour des membres en fer est le même que celui des membres en bois.

Les fonds sont munis de remplissages, ayant le même échantillon que la varangue; pour permettre à ces remplissages de garnir complètement la maille qui sépare les couples en bois, les couples en fer se relèvent, à partir du tournant de la cale, et viennent franchir une carlingue placée sur les talons des couples en bois; par suite de ce relèvement, les varangues des couples en fer peuvent être réunies par une carlingue intercostale *c*, complétée par une tôle rivée à plat *d*. Dans les hauts, la liaison longitudinale est formée par un pont en tôle, rivé sur des barrots en fer, par des tôles gouttières aux autres ponts, et une préceinte en fer à la hauteur du gaillard.

Les revêtements extérieurs en bois sont tenus, comme à l'ordinaire, sur les membres en bois,

par des chevilles et des gournables; c'est sur ces membres que viennent tomber tous les écarts; sur les couples en fer, les bordages sont fixés par des vis à bois placées par l'intérieur.

On réunit ainsi la solidité longitudinale et transversale, propre aux navires en fer, à la faible résistance à la marche, et à l'habitabilité des navires en bois, mais au prix d'un poids de coque élevé, 51 0/0 du déplacement; la tentative faite sur l'Annamite n'a pas été renouvelée.

Doublage en bois des navires en fer. — Depuis longtemps on a cherché également à appliquer le doublage en cuivre sur une carène en fer, en interposant une couche de bois parfaitement étanche; dès 1862, Grantham avait proposé de placer à l'extérieur du bordé (*pl.* 117, *fig.* 807) des membrures saillantes composées de cornières, dont le bord perpendiculaire à la muraille était renflé à l'extérieur; entre ces membrures, il engageait des remplissages *bb* en bois, tenus en place au moyen de pièces longitudinales *cc*; par-dessus le tout, il plaçait un bordé complet, tenu par des vis assez courtes pour ne pas rencontrer le fer. Toutes ces pièces étant ainsi rendues solidaires, on calfatait, et on appliquait le doublage en cuivre par les procédés ordinaires. Cette disposition ne s'est pas répandue, les constructeurs craignant que cette enveloppe en bois ne pût être rendue suffisamment étanche.

D'autres systèmes dérivant du même principe ont été imaginés. Dans le système de M. Mc Laine (1), les membrures en fer (*pl.* 118, *fig.* 808) sont placées à l'extérieur dos à dos, et par paires; entre elles sont placées et boulonnées des membrures en bois, sur lesquelles sont tenus par des vis des bordages longitudinaux. L'impossibilité de constater l'état du bordé en tôle et de le repeindre fut, comme dans le système précédent, considérée comme un vice rédhibitoire.

La création en Angleterre, il y a peu d'années, de croiseurs en fer à grande vitesse a fait cependant marcher rapidement dans cette voie, et sur le premier d'entre eux, l'Inconstant (*pl.* 118, *fig.* 809), le doublage a été installé de la manière suivante : les tôles de bordé sont assemblées à franc-bord, avec des couvre-joints épais de 32 millimètres ; un premier plan de bordé en bois, disposé tranversalement, épais de 87 millimètres, est fixé par des prisonniers en fer zingué, qui pénètrent dans un taraudage pratiqué dans les couvre-joints, et dans des bandes intermédiaires rivées à mi-hauteur des virures; vigoureusement souqués de manière à comprimer le bois, ils sont recouverts d'un mélange de ciment de Portland et de glu marine.

Le plan extérieur, épais de 70 millimètres, est disposé longitudinalement, et fixé sur le premier par des vis à bois en laiton; sur leurs têtes, noyées de 20 millimètres, sont forcés des dés en teak, enduits de glu marine; toutes les surfaces de contact sont recouvertes de cette substance.

Depuis lors, un assez grand nombre de constructions du même genre ont été exécutées soit en Angleterre, soit en France, mais dans un système un peu différent, et à peu près uniforme aujourd'hui. En France, pour le Tourville, le Duguay-Trouin, le Duguesclin, etc., en Angleterre, pour le Shah, l'Active, le Volage, etc., on a adopté les dispositions suivantes, analogues d'ailleurs à celles qui avaient été précédemment employées en Angleterre pour la carène de deux cuirassés de station, le Swiftsure et le Triumph.

On ne s'est pas attaché, comme sur l'Inconstant, à ne percer aucun trou dans le bordé pour la tenue du soufflage; le premier plan au contraire (*pl.* 118, *fig.* 810-811), disposé longitudinalement, est tenu par des boulons en fer de 24 millimètres, espacés de 30 centimètres environ sur la longueur du bordage, et placés au nombre de deux à chaque écart. Pour réduire les inconvénients que produirait l'arrachement d'une partie du doublage et de ses boulons, ceux-ci sont taraudés dans

(1) Transactions of the *Institution of Naval Architects*, 1865.



l'épaisseur de la tôle, et tiennent indépendamment de leur écrou; et si un choc ou un échouage détruit le soufflage, il est possible qu'ils soient guillotinés au ras de la tôle, et non arrachés.

Le premier plan de bois est en teak, le second quelquefois en chêne; mais ce bois peut avoir une action sur les boulons en fer du premier plan, qui, quoique masqués par des tampons en bois enduits de peinture, pourraient n'être pas à l'abri de toute oxydation; il vaut donc mieux faire usage de teak, de bois résineux, et en général d'essences n'attaquant pas le fer. On a quelquefois employé pour le premier plan des boulons en métal Müntz; mais ce métal, aigre et cassant, a une résistance bien inférieure à celle du fer; d'ailleurs, en contact avec ce dernier dans l'atmosphère humide, et quelquefois dans l'eau de la cale, il peut détériorer les membrures; les boulons en fer sont préférables.

La mise en place du soufflage se fait avec des précautions minutieuses : le bordé en tôle étant rivé et maté, on ligne le premier plan du bordé, et on marque ses points d'attache, de manière à ne pas couper les rivets ni les couvre-joints. On perce alors la tôle au foret, à un diamètre de 22 millimètres, et on taraude les trous en amenant leur diamètre à 24 millimètres; on applique le bordage en bois, et, au moyen d'une mèche passant dans un guide vissé dans la tôle, on perce dans le bois un avant-trou de 16 millimètres, que l'on agrandit à 24 millimètres; on alèse enfin le logement de la tête, que l'on noie. Le boulon est mis en place avec une cravate de fil à voile, enduite de céruse ou de minium; on le visse dans la tôle au moyen d'une clef, qui entre dans une mortaise pratiquée sur sa tête. On met ensuite en place à l'intérieur une rondelle, puis un écrou hexagonal, que l'on garnit dans les fonds d'un glacis de ciment.

La distribution des points d'attache permet d'éviter que les écrous ne rencontrent les cornières des couples; si on rencontre celles des carlingues, et qu'on ne puisse les éviter, on ne met pas l'écrou sur la cornière; on découpe dans cette dernière le logement de l'écrou, afin qu'il soit bien en contact avec le bordé, et arrête toute infiltration. Autant que possible, on évite de faire croiser par un bordage les joints longitudinaux du bordé en tôle; si on ne peut l'éviter, et que l'on soit obligé de placer un point d'attache à l'emplacement d'un rivet, on fait sauter ce dernier, et on le remplace par le boulon. Quand il y a impossibilité de mettre un boulon, faute d'espace disponible pour l'écrou, on rive une contre-plaque en tôle à l'intérieur, et on taraude la double épaisseur ainsi obtenue. La tôle est séparée du premier plan par une couche de glu marine; on en met également une entre les deux plans de bois; avant de calfater le premier, une épreuve à l'eau est faite, pour être sûr de l'étanchéité des boulons.

Le deuxième plan, disposé longitudinalement, et dont les joints décroisent ceux du premier, est tenu par des vis à bois en cuivre, qui ne pénètrent pas jusqu'à la tôle; leur longueur est calculée de manière que leur pointe en soit séparée par 15 millimètres de bois environ. Les écarts sont disposés de manière à croiser ceux du premier plan, et sont tenus par deux vis de chaque côté; les têtes des vis sont noyées de 20 millimètres, et le vide rempli de mastic, de manière à couper tout passage à l'eau; les deux plans sont soigneusement calfatés.

A l'avant, les bordages viennent aboutir dans deux râblures (*pl.* 118, *fig.* 812), pratiquées dans une contre-étrave en bois, fixée extérieurement sur la carène en fer, tenue par des boulons qui traversent la tôle; l'étrave est tenue sur la contre-étrave par des vis à bois; enfin l'une et l'autre sont assemblées à écarts longs. Quelquefois la tôle centrale, qui continue la carlingue médiane, se prolonge en dehors du bordé en tôle (*pl.* 118, *fig.* 813), et, armée de cornières, reçoit sur ses côtés les pièces de l'étrave, que l'on peut par suite cheviller transversalement avec elle. Dans les bâtiments fins, et ce n'est guère que dans ceux-là qu'on emploie ce genre de doublage, tout cet assemblage a peu de solidité; il est prudent, comme on l'a fait sur le Tourville, de recouvrir l'étrave et

l'aboutissement des bordages d'une armature légère en bronze. Quelquefois cette armature se transforme, comme sur le Sfax, en une étrave métallique complète (*pl.* 119, *fig.* 814), qui reçoit à sa partie inférieure l'aboutissement de la quille, et sur toute sa hauteur celui des bordages, dans des râblures ménagées à cet effet. L'étrave du Sfax est creuse, et renforcée par des nervures normales à son contour, dont l'une reçoit l'aboutissement du pont blindé.

La quille en bois prolonge l'étrave, et s'applique sur un méplat (*pl.* 118, *fig.* 815), ménagé dans les tôles du fond; elle est boulonnée à travers ces tôles et les cornières qui la relient à la carlingue centrale; des râblures lui permettent de recevoir la dernière virure des deux plans de bordages. Quand l'épaisseur de ces bordages en fait de véritables galbords, on les cheville comme à l'ordinaire horizontalement avec la quille.

L'étambot du Tourville (*pl.* 120, *fig.* 816) est en bronze; à sa partie inférieure, il est relié à une pièce horizontale, qui porte d'un côté une queue, rivée avec la tôle de quille, et de l'autre un patin, qui reçoit le pied du gouvernail; la partie verticale de l'étambot, amincie sur son bord avant, reçoit l'aboutissement des virures du bordé en tôle, puis dans deux râblures ceux des bordages en bois. A sa partie supérieure, il est rivé avec l'allonge de poupe.

Sur le Sfax (*pl.* 119, *fig.* 817), l'étambot est construit comme l'étrave, il forme une sorte de gouttière creuse, renforcée par des nervures horizontales et formant râblure sur les côtés; il porte en outre les fémelots du gouvernail, et à sa partie inférieure une queue horizontale rattachée à la quille.

Quelquefois aussi l'étambot est en fer et recouvert en bois, comme sur le Duguesclin (*pl.* 120, *fig.* 818). L'étambot en fer porte à sa partie inférieure une queue rivée à la tôle de quille, et une fourche qui embrasse la quille en bois; il est boulonné verticalement avec les deux pièces de celle-ci. L'étambot en bois, en deux plans, est placé sur l'arrière de l'étambot en fer, et lui est relié par de longs prisonniers. Des râblures, ménagées sur les côtés de l'étambot en bois, reçoivent les aboutissements du doublage, et la liaison est complétée par des armatures extérieures en bronze.

Doublage en zinc. — Il est facile de comprendre, d'après ce qui précède, combien la nécessité de rendre imperméable à l'eau la couche extérieure de la coque, et d'empêcher tout contact de la mer, si réduit qu'il soit, avec la construction intérieure en fer, entraîne de soins, de complications dans les assemblages, et par suite d'augmentation dans la dépense. L'emploi du zinc supprime complètement la nécessité d'isoler le fer; il est même avantageux de laisser entre ces deux métaux une libre communication, qui, sans inconvénient pour le fer, facilite l'oxydation du zinc, et par suite la propreté des surfaces. Ce système n'a pas été essayé en France; en Angleterre, au contraire, il a été appliqué à plusieurs grands navires (Bacchante, Euryalus). Le bordé en bois, appliqué sur la carène, est en un seul plan, tenu par des boulons en fer, de la même manière que le premier plan des doublages que nous venons de décrire; les précautions à prendre pour l'étanchéité des boulons sont les mêmes. Tout calfatage est supprimé, et l'eau séjourne dans les coutures, entre le bordé en fer et le doublage en zinc. La qualité des feuilles de zinc est importante, car il arrive souvent qu'elles se rongent, et se piquent très inégalement. On supprime ainsi les pièces de bronze compliquées et coûteuses, dont nous avons fait la description; une étrave et un étambot en fer de formes ordinaires seront parfaitement suffisants, et présenteront une solidité bien supérieure.

Protection des cuirasses. — Une question de même nature que la précédente s'est présentée lors de la construction des premiers cuirassés; à peu d'exceptions près (Couronne, Héroïne), ils étaient construits en bois, munis par suite d'un doublage en cuivre, et il était nécessaire d'empê-

cher l'action du couple formé par la juxtaposition, dans l'eau de mer, du doublage et de la cuirasse, d'attaquer cette dernière.

Plusieurs procédés ont été imaginés pour prolonger le doublage sur la cuirasse, en interposant une couche d'une matière imperméable.

Procédé Roux. — Ce procédé, assez fréquemment employé (Revanche, Belliqueuse, Savoie, Taureau), consistait à recouvrir la cuirasse, préalablement peinte de trois couches de minium, de quatre couches d'un enduit isolant à base de caoutchouc; on perçait ensuite une série de trous tronconiques en forme de queue d'aronde, et on couvrait la surface d'une couche de goudron végétal, destinée à empêcher l'enduit de se fendre en séchant. On appliquait ensuite une feuille mince de plomb, puis les feuilles de cuivre à doublage, qui étaient tenues par des prisonniers en cuivre, refoulés dans les trous à queue d'aronde de la cuirasse, et dont les têtes étaient rivées sur le cuivre. Pour assurer l'étanchéité, une rondelle en caoutchouc était préalablement placée dans chaque trou, et était comprimée par le refoulement du rivet.

Ce doublage était d'une application difficile; il s'opérait d'ailleurs une réaction entre le soufre contenu dans le caoutchouc et le plomb; le cuivre se rongeait autour des rivets et avait une très médiocre tenue, au bout de peu de temps.

Procédé Perroy. — Ce procédé consistait à recouvrir la cuirasse, lavée à l'essence de térébenthine, d'une couche de minium, puis d'un enduit composé de brai et d'huile de poisson; on appliquait ensuite deux couches de toile rurale, séparées par une couche d'enduit, qui les faisait adhérer entre elles, et avec la cuirasse. Le doublage était fixé par de petits prisonniers, engagés dans des trous percés, taraudés et fraisés dans la cuirasse; les lèvres de la toile étaient rabattues dans chaque trou, et une rondelle en caoutchouc, placée entre la toile et le doublage, rendait le trou étanche. Le bord supérieur du doublage était appliqué sur une bande de caoutchouc longitudinale, et garni extérieurement d'une bande de laiton, tenue par des vis, qui comprimaient le caoutchouc.

Procédé Barnabé. — Dans ce procédé, la couche de cuivre était appliquée par galvanoplastie sur les plaques de blindage avant leur mise en place. Des expériences isolées ayant donné des résultats satisfaisants, la marine a fait un essai en grand sur la corvette cuirassée la Thétis; on a facilement reconnu que le manœuvrage et la mise en place des plaques, que les chocs qu'elles recevaient, une fois à bord, par les gaffes des embarcations, et les objets de toute nature qui peuvent venir les toucher, produisaient des dégradations locales, dont l'effet était d'autant plus désastreux que leur étendue relativement faible recevait toute l'action galvanique de la surface considérable du cuivre. Aussi, après peu de temps de séjour à la mer, la cuirasse de la Thétis était-elle marquée de piqûres profondes, allant quelquefois à 2 et 3 centimètres de largeur et de profondeur, et on a dû renoncer à ce mode de protection, fort coûteux d'ailleurs.

Soufflage en bois. — Le seul système qui ait donné des résultats véritablement pratiques, sans exiger des dépenses trop considérables de mise en place, et surtout des réparations, consiste à appliquer sur la cuirasse un soufflage en bois soigneusement calfaté (*pl.* 120, *fig.* 819), sur lequel on cloue le prolongement du doublage en cuivre de la carène. Ce soufflage, ayant peu de hauteur, est généralement formé de bordages verticaux; on interpose entre le bois et la cuirasse une ou deux épaisseurs de toile rurale. A leur tête, les bordages sont retenus par une double cornière; à leur extrémité inférieure, ils sont prolongés un peu au delà du can inférieur du blindage, et tenus par une vis sur la pièce entaillée; on raccorde leur surface extérieure avec celle de la carène. Pour ne pas laisser ces bordages abandonnés à eux-mêmes sur toute leur hauteur, on les relie souvent par deux

ou trois lattes extérieures en cuivre, formant ceinture, que traversent des vis pénétrant dans un taraudage, pratiqué dans les plaques de blindage.

Aux extrémités, le cuivre est souvent appliqué sans soufflage (*pl.* 120, *fig.* 820) ; on place directement sur la cuirasse deux épaisseurs de toile rurale brayée, et le cuivre très épais est fixé par des prisonniers en cuivre rouge, munis de deux rondelles en caoutchouc.

Sur certains bâtiments construits récemment (Turenne) (*pl.* 120, *fig.* 821-822), on a distribué le soufflage par virures longitudinales, qui continuent la forme extérieure de l'œuvre vive et sont tenues sur la cuirasse par des prisonniers en cuivre. On s'attache à rendre étanche le logement des prisonniers et le calfatage du bordé; mais il est à craindre néanmoins qu'on ne soit pas à l'abri de toute action galvanique, et on réduit quelque peu par les trous taraudés la résistance de la cuirasse. Le cuivre est appliqué sur le doublage en bois, revêtu de feutre par les procédés ordinaires.

L'inconvénient de ce mode de protection est d'augmenter sensiblement la surface du maître-couple, et de modifier d'une manière désavantageuse la forme de la carène, surtout à l'avant, où il est difficile que le doublage ne fasse pas saillie sur l'éperon; de plus, la tenue n'est pas parfaite; il se produit souvent des décollements, formant une bosse, et quand celle-ci vient à se déchirer, le doublage tout entier est compromis. Sauf pour quelques cuirassés destinés aux stations lointaines, les divers procédés que nous venons d'examiner n'ont plus qu'un intérêt rétrospectif.



CHAPITRE XXXV.

COMPARTIMENTS ÉTANCHES, MANŒUVRES D'EAU, VENTILATION.

Lest d'eau. — De tous temps, et sur tous les navires, on a reconnu l'utilité qu'il y aurait à disposer de compartiments étanches, permettant de régler à volonté l'immersion, l'assiette, et la stabilité. Sur les bâtiments de commerce, la faible stabilité du navire lège, nécessaire pour éviter les inconvénients d'une stabilité excessive en pleine charge, surtout lorsqu'il porte des chargements denses, oblige à embarquer, à défaut de marchandises, un lest sans valeur; la position de l'appareil moteur, placé souvent vers l'arrière des petits navires, pour ne pas couper en deux la cale, altère en outre l'assiette du bâtiment lège, d'une manière défavorable à la marche; sans lest enfin, l'immersion insuffisante de l'hélice ne permettrait pas une bonne utilisation. Le lest en pierres, employé pendant longtemps, et aujourd'hui encore par les voiliers, a l'immense inconvénient d'exiger, pour son embarquement et son debarquement, une manutention et une perte de temps fort onéreuses pour l'armateur.

Water-ballast des navires de commerce. — Aussi, depuis le développement de la construction en fer, beaucoup de paquebots ont-ils dans les fonds une capacité étanche pleine d'eau, en communication avec la mer par une prise d'eau, et dans laquelle des pompes à vapeur peuvent venir puiser, pour débarrasser le navire du lest, quand il devient inutile.

Dans les premiers navires, auxquels ce perfectionnement fut apporté, les caisses furent indépendantes de la coque (*pl.* 120, *fig.* 823), posées sur les varangues, et réunies par un tuyautage, permettant de les remplir et de les vider. Dans ceux qui suivirent, on adopta un double fond fixe (*pl.* 120, *fig.* 824), supporté par des poutres en tôles et cornières, courant sur les varangues ; la caisse est limitée latéralement par une tôle continue, normale à la surface des fonds, soutenue intérieurement et extérieurement par des goussets en tôle, et reliée au bordé par une cornière longitudinale continue, qui interrompt la cornière droite des membres. Des anguillers sont percés dans les taquets extérieurs, et l'eau, qui s'assemble dans la gouttière formée en abord, peut se rendre au pied des pompes.

Dans d'autres constructions, on a reculé devant la discontinuité des cornières de membrure, et on a rattaché les tôles au bordé (*pl.* 120, *fig.* 825) par des bouts de cornières et des emboutis forgés, ce qui rend l'étanchéité bien difficile à réaliser. Quelquefois on a employé, pour simplifier la forme des vides entre les membrures, des tampons en bois rectangulaires, logés entre la cornière renversée et le bordé, disposition assez défectueuse; quelquefois des plaques de fonte, épousant la forme des membrures, et rivées sur la tôle du water-ballast; l'étanchéité était obtenue au moyen de mastic de fonte et de ciment.

Quelquefois aussi, pour avoir un lest suffisant, sans trop réduire les capacités utilisables, on fait monter la soute étanche jusqu'aux barrots de la cale, en lui ménageant des ouvertures suffisantes pour y faire entrer des matières en grenier, telles que du charbon, et en assurer la ventilation; mais, quand on veut se servir du lest d'eau, il est quelquefois difficile de remplir complètement la soute, et l'eau, en se déplaçant au roulis, a sur la stabilité une influence fâcheuse pour les bâtiments volages, mais dont on peut tirer parti pour réduire, dans certains cas, une stabilité excessive.

Des dispositions plus récentes simplifient la construction, tout en faisant contribuer plus efficacement l'ossature du double fond à la rigidité de la coque. Dans l'un des systèmes adoptés (*pl.* 121, *fig.* 826), les varangues évidées sont surélevées à la hauteur nécessaire, pour la capacité que l'on veut attribuer au double fond; elles sont réunies à une tôle formant carlingue centrale continue, et on place entre elles des tôles intercostales. Dans d'autres navires (*pl.* 121, *fig.* 827-828), toutes les carlingues ont leurs tôles continues, les cornières droites et renversées le sont également; de distance en distance, on trouve des couples *m*, dont la varangue est formée de tôles pleines intercostales entre les carlingues; à mi-distance entre ces couples, s'en trouvent d'autres *n n*, formés de quatre goussets triangulaires, dans chaque intervalle des carlingues; enfin entre les précédents les tôles varangues sont supprimées, et remplacées, aux couples *p*, par des montants verticaux, servant à raidir les carlingues et à épontiller le double fond.

Cette disposition, assez rationnelle au point de vue de la solidité, avantageuse au point de vue de la jauge, a l'inconvénient d'être un peu lourde; aussi préfère-t-on souvent (*pl.* 121, *fig.* 829) soutenir le plafond par des poutres longitudinales posées sur les varangues, dont une seule forme carlingue intercostale. Les cornières de la membrure sont interrompues à la tôle du plafond, et lui sont reliées par des goussets.

Dans tous les cas, les varangues et la tôle intercostale doivent être percées d'anguillers à leur partie supérieure, afin que l'air puisse circuler et venir s'échapper par un tuyau aboutissant au-dessus de la flottaison. Un tuyau de sonde doit aussi être disposé, afin que l'on puisse s'assurer du niveau.

Navires de guerre. — L'épuisement de l'eau et des vivres sur les navires de guerre à voiles, la consommation du charbon sur les navires à vapeur, produisent une émersion défavorable à la stabilité, et, en exagérant la hauteur de batterie, présentent une cible de plus en plus étendue à la vue et aux coups de l'ennemi. On y remédiait partiellement, en remplissant d'eau de mer les caisses à eau, et sur les navires du type Napoléon, on plaça de chaque côté de la cale, sous le faux-pont, deux grandes soutes en tôle, que l'on pouvait à volonté remplir ou épuiser, afin de réduire la hauteur de batterie. Des dispositions étaient prises pour se servir au besoin de ces soutes comme soutes à charbon de réserve.

C'est dans le même but, que la plupart des monitors américains ont reçu des compartiments à eau, qui permettent au moment du combat de réduire leur franc-bord, déjà bien faible, à une hauteur qui, dans la navigation ordinaire, serait compromettante et inadmissible; la coque proprement dite est ainsi presque toute entière soustraite à la vue, et on n'expose que les tourelles et les cheminées.

Le compartimentage des bâtiments actuellement construits en Europe n'a pas le même but; la coque extérieure étant percée par un projectile, l'irruption de l'eau doit être limitée au compartiment perforé, et un tuyautage doit être établi pour l'épuiser; il convient aussi que l'on puisse remplir un compartiment correspondant du bord opposé, ou vers l'autre extrémité du navire, afin de réduire la bande, ou rétablir la différence. Quoique, dans la confusion d'un combat, des manœuvres



aussi délicates soient peu susceptibles de succès, on ne doit pas les considérer comme absolument irréalisables; elles peuvent tout au moins aider un navire, obligé de se retirer de la lutte, à regagner un port, pour s'y faire réparer.

Les appareils destinés à épuiser les fortes voies d'eau seraient trop puissants pour le service d'entretien courant, qui consiste à assécher constamment la cale, et à enlever dans les divers compartiments l'eau qui s'y introduit, soit par les suintements de la coque, les égouts d'eau des ponts, soit par le service de la machine, l'arrosage des surfaces frottantes, la vidange des chaudières. Un tuyautage spécial est destiné à ces besoins permanents; il fournit en outre de l'eau aux pompes à lavage et à incendie.

Il y a par suite deux tuyaux collecteurs: le premier, appelé *grand drain,* réunit les aspirations de tous les grands appareils d'épuisement, pompes rotatives, pompes royales, pompes de cale de la machine, éjecteurs. Il est formé de bouts de tuyaux en tôle zinguée d'assez fort diamètre (35 centimètres sur le Marceau, 40 centimètres sur l'Amiral-Duperré), assemblés par des boulons passant dans des brides en cornière aux extrémités. Quelquefois le grand drain a été placé au-dessus des varangues (Tonnerre); le plus souvent il est logé dans la hauteur du double fond (*pl.* 121, *fig.* 830), près de la lisse centrale, passe dans les évidements des varangues, et doit, par suite, être fractionné en bouts assez courts pour pouvoir en faire le montage ($0^m,90$ sur le Marceau). Au passage des couples étanches (*pl.* 121, *fig.* 831), le grand drain applique ses collerettes de chaque côté de l'âme du couple, percée d'un trou correspondant au diamètre intérieur, et les boulons de jonction traversent la tôle du couple, dont l'étanchéité est respectée. Des brides en fer forgé soutiennent les tronçons, qui ne doivent pas porter sur les évidements des couples.

Le grand drain reçoit de distance en distance, pour le nettoyage, des regards fermés par des autoclaves, et communique avec tous les compartiments centraux de la cale par des soupapes débouchant sur le vaigrage (*pl.* 121, *fig.* 832), que l'on doit pouvoir manœuvrer du pont principal; souvent un clapet de sûreté empêche que l'eau qui se trouverait accidentellement dans le grand collecteur ne puisse envahir la cale. Les compartiments latéraux communiquent indirectement avec le grand drain par des vannes, qui permettent de faire écouler dans les compartiments du centre l'eau qu'ils contiennent. L'épuisement des chambres de chauffe est particulièrement important: l'invasion de l'eau paralyserait le navire en éteignant les feux; elles sont mises en communication directe avec la chambre des machines par des vannes, et les pompes de circulation, aspirant sur le vaigrage, ajoutent leur puissance à celle des autres appareils d'épuisement. Le grand drain porte également des vannes permettant de le subdiviser en cas d'avarie, et d'isoler l'aspiration des pompes, dans le cas où le tuyautage de l'une d'elles serait en mauvais état.

Le *petit drain*, placé en général au-dessus des varangues, quelquefois sous le pont cuirassé, se compose d'un tuyau longitudinal en cuivre rouge de petite dimension, 12 à 14 centimètres, mis en communication avec la mer par plusieurs prises d'eau; il porte de nombreux branchements, servant à l'aspiration de divers appareils, destinés à la fois à l'épuisement ordinaire et aux divers services, lavage des entreponts, propreté des corneaux, lavabo des chauffeurs, arrosage des machines, incendie; une ou deux pompes à vapeur et à bras peuvent aspirer à la fois dans le petit et dans le grand drain.

D'autres branchements du petit drain communiquent avec les soutes à poudre et à projectiles, et permettent de les noyer, par la manœuvre d'un robinet, commandé d'un pont supérieur. Sur quelques navires enfin, on fait communiquer le petit drain avec tous les compartiments étanches compris entre le bordé extérieur, le vaigrage et les cloisons latérales, par des tuyaux fermés par des robinets; ces tuyaux sont continués à l'intérieur de ces compartiments par des pipes descendant

à leur point le plus bas, afin d'éviter autant que possible le séjour d'eau non épuisée; la manœuvre des mêmes robinets permet d'introduire du lest liquide dans les cellules. Pour faciliter l'emploi de ces robinets et éviter les erreurs, il est commode de faire tomber tous les tuyaux des cellules d'une même région sur une boîte en communication avec le petit drain; une série de robinets juxtaposés permet de faire communiquer une quelconque des cellules avec la boîte. Un jeu de petits robinets placés, en regard des premiers, sur une boîte analogue, sert à introduire dans les cellules l'air nécessaire pour que l'aspiration des pompes puisse avoir lieu. Sur beaucoup de navires, on se borne à une pipe plongeant dans la cellule, et à un raccord à robinet placé sur le vaigrage, auquel on peut relier un petit cheval avec une manche à incendie.

Le petit drain étant destiné le plus généralement à fournir de l'eau, ses prises d'eau sont normalement ouvertes; quand on veut le faire servir à l'épuisement, il faut les fermer, ou isoler la partie servant à l'épuisement, par des robinets intermédiaires.

La disposition de détail du tuyautage est réglée sur chaque navire d'après sa subdivision intérieure, et varie à l'infini; nous nous bornons sur ce point à donner comme exemple un plan d'ensemble du tuyautage de cale du Caïman (*pl.* 122, *fig.* 833-834), et celui de l'Amiral-Baudin (*pl.* 259, *fig.* 1337).

Sur les navires de moindre importance et sur les navires construits en bois, et par suite peu subdivisés, le tuyautage est beaucoup simplifié (1). On se borne généralement à un drain, dans lequel puisent les pompes de service et à incendie, et les prises d'eau des soutes à munitions. On évite ainsi les prises d'eau particulières, que ces divers services nécessiteraient, et qui multiplieraient les dangers de voie d'eau, qu'entraîne chaque trou percé dans la coque; deux ou trois prises d'eau de plus forte dimension, ouvertes d'une façon permanente, suffisent. Les grands appareils d'épuisement de ces navires s'alimentent directement dans la cale, et ont leurs aspirations placées dans plusieurs compartiments principaux, avec lesquels des vannes font communiquer, en cas de besoin, les compartiments de moindre importance. Les petits chevaux doivent, autant que possible, ne pas aspirer à la cale (2).

Refoulement d'incendie. — Sur un assez grand nombre de bâtiments, on a voulu faire déboucher le refoulement de toutes les pompes foulantes dans un collecteur général, qui peut, en cas d'incendie, fournir de l'eau en un point quelconque de la longueur du navire, quelle que soit la pompe mise en action : on peut de cette façon utiliser, en quelque endroit que se trouve le foyer de l'incendie, soit les petits chevaux, placés dans la chambre de chauffe, soit une pompe d'épuisement à vapeur placée à proximité de la machine. Le collecteur porte de distance en distance des raccords, fermés en temps ordinaire par des tampons à vis, auxquels on peut visser des manches à incendie. Le collecteur est généralement placé sous barrots dans le faux-pont, quelquefois dans la batterie, quand on est gêné par les cloisons étanches.

Ces installations, assez répandues aujourd'hui sur les grands navires, ont été assez vivement critiquées à l'origine; on a craint que le collecteur inférieur ne s'envasât; un fractionnement en tronçons indépendants, séparés par des vannes, que l'on peut démonter et nettoyer, permet d'obvier suffisamment à cet inconvénient. Ce qui est plus à redouter, c'est que le collecteur supérieur, courant longitudinalement au-dessus de la flottaison, ne soit bien exposé dans le combat; s'il est rompu en un point, le jeu de toutes les pompes est compromis. On a soin, il est vrai, de placer de

(1) Circulaire du 22 avril 1881.
(2) Circulaire du 25 mai 1885.



distance en distance un robinet d'arrêt, permettant d'isoler la partie avariée ; mais alors on perd en grande partie l'effet de concentration que l'on cherche à réaliser.

Un plan complet du tuyautage doit être fourni à chaque bâtiment (1).

Dalots. — Les ponts des navires sont fréquemment mouillés par la pluie, les embruns, quelquefois envahis par les paquets de mer, et tous les matins lavés à grande eau. La conservation de la coque et la salubrité du navire exigent également que l'eau ne séjourne pas, et qu'une fois rejetée par le bouge du pont contre la fourrure de gouttière, elle trouve des orifices, qui assurent son écoulement au dehors; ces orifices sont les *dalots*.

Sur les navires en bois, il a été longtemps d'usage de percer les dalots (*pl.* 123, *fig.* 835) au travers de la fourrure de gouttière et du bordé, dans une direction inclinée, et de garnir le trou d'un manchon en plomb soudé; le dalot débouchait dans une dalle, ou tuyau d'orgue extérieur, confectionné en cuivre, qui descendait jusqu'à la flottaison, et était protégé à sa partie inférieure par des défenses en bois. Le dalot, à son orifice intérieur, recevait une grille en cuivre à charnière, empêchant les objets encombrants de s'y engager.

Quelquefois les dalots des gaillards étaient percés dans la virure de gouttière extérieure, et un tuyau vertical, placé en dedans de la muraille, amenait les eaux sur la gouttière de la batterie, dans le voisinage d'un de ses dalots.

Les tuyaux d'orgue avaient l'inconvénient de nuire à l'aspect extérieur du navire, en faisant saillie sur les œuvres mortes, qui gagnent toujours à être allégées de tout appendice; ils étaient souvent écrasés par l'accostage des chalands, et l'amarrage à quai. En revanche, on évitait ainsi de percer aucun trou dans la coque, au voisinage de la flottaison.

Aujourd'hui les dalots sont le plus souvent percés verticalement dans les ponts (*pl.* 123, *fig.* 836); les eaux sont conduites par un tuyau en cuivre étamé, placé en maille, qui traverse le bordé, et débouche obliquement un peu au-dessus de la flottaison. Quand il y a une batterie, ses dalots débouchent dans le tuyau du dalot des gaillards correspondant; les orifices supérieurs doivent toujours être garnis d'une crépine. Cette disposition, beaucoup plus satisfaisante que la précédente au point de vue de l'œil, a l'inconvénient de percer dans la coque des trous, qui donneraient lieu à des voies d'eau, si le tuyau était avarié.

Une autre disposition fréquemment employée consiste à percer le dalot avec une faible pente à l'extérieur (*pl.* 123, *fig.* 837), et à le prolonger par une sorte de gargouille, qui rejette les eaux au dehors, sans les laisser couler sur les œuvres mortes, dont elles saliraient sans cesse la peinture, et qu'elles dégraderaient par une humidité constante. Cette disposition n'est admissible que sur les navires qui ont une faible rentrée, sans quoi la saillie des gargouilles les exposerait à être fréquemment arrachées.

La distribution et le nombre des dalots ne sont sujets à aucune règle définie; on les répartit à peu près régulièrement sur la longueur, en ayant soin d'en placer toujours dans les endroits où l'eau aurait une tendance à s'accumuler.

Dalots de mer. — Outre les dalots ordinaires, qui ne peuvent débiter que des quantités d'eau modérées, il convient, quand le bâtiment est peu élevé sur l'eau, de ménager dans la muraille des gaillards de larges ouvertures, fermées par un mantelet ouvrant de l'intérieur à l'extérieur (*pl.* 44, *fig.* 326 ; *pl.* 74, *fig.* 555); quand un coup de mer tombe à bord, le gaillard est couvert d'une épaisse couche d'eau, qui peut compromettre le navire, si elle ne trouve pas immédiatement à

(1) Circulaire du 3 août 1885.

s'écouler. Au mouillage les mantelets de ces dalots sont maintenus fermés par un crochet; il est bon de les placer un peu plus haut que les dalots ordinaires, afin d'éviter qu'ils ne donnent passage aux eaux de pluie ou de lavage, qui détérioreraient la peinture.

Ventilation des navires. — Le renouvellement de l'air à l'intérieur des navires est d'une grande importance, aussi bien au point de vue de la conservation de la coque, qu'à celui de la santé de l'équipage. Sur les navires en bois, la circulation de l'air dans les mailles ralentit la pourriture, et prolonge la durée de la coque; aussi doivent-elles être dégagées de tout ce qui pourrait les obstruer; sur les navires en fer, le renouvellement de l'air diminue l'élévation si pénible de la température, que produisent les rayons du soleil, en frappant sur une muraille conductrice de la chaleur.

La plupart des navires, construits et armés dans nos ports, devant séjourner dans des climats plus chauds que les nôtres, on ne doit négliger aucune des précautions de détail, qui peuvent améliorer cette partie de l'hygiène navale.

L'introduction de l'air se fait par des panneaux, des sabords et des hublots, dont le nombre est assez limité, et dont des considérations d'ordre différent, solidité de la coque, possibilité de manœuvrer sur les ponts, installation de l'artillerie, limitent les dimensions. Sur les bâtiments qui ont un pont et une ceinture cuirassée, les hublots n'existent pas, et les panneaux, qui sont des points faibles, et qui nécessitent un surbau blindé fort pesant, sont réduits au minimum; les logements, il est vrai, sont le plus souvent situés dans les hauts, plus faciles à ventiler; mais on n'en a pas moins à fournir dans les fonds l'énorme quantité d'air nécessaire aux chaudières et aux machines; une ventilation artificielle devient donc presque partout nécessaire.

Manches à vent. — On aide à l'introduction de l'air dans les panneaux, en y plaçant des manches à vent mobiles (*pl.* 123, *fig.* 838), conduits verticaux en toile, qui s'ouvrent latéralement, en formant entonnoir à leur partie supérieure, et dont l'ouverture se tourne automatiquement contre le vent. Il existe en outre un grand nombre de manches fixes en tôle (*pl.* 123, *fig.* 839), placées sur le pont supérieur, en dehors des panneaux ou sur les roofs, et qui envoient de l'air frais dans les parties inférieures du bâtiment. Ces manches ont des dimensions et des positions très variables; on en place une de grande dimension ou deux sur l'avant, pour aérer la cale; il y en a toujours plusieurs pour envoyer de l'air dans la chambre de chauffe. Sur les navires anglais, on en place fréquemment sur les bittes, dont l'extrémité supérieure est évidée, de manière qu'elles puissent faire l'office de conduits.

Aspirateurs. — L'air frais injecté se mélange à l'air vicié, et il serait préférable d'enlever directement ce dernier; on se sert quelquefois dans ce but d'aspirateurs (*pl.* 123, *fig.* 840), sorte de giffards à air; le vent arrivant par des conduits latéraux, distribués autour d'un pavillon, entraîne une colonne ascensionnelle, qui débouche dans l'atmosphère par une ouverture, que l'on dirige sous le vent. L'aspirateur va prendre l'air aux endroits où il est le plus fortement vicié et échauffé, sous barrots dans les entreponts, dans les ailes de la cale.

Ventilateurs. — A ces appareils simples, automatiques, mais d'un débit peu considérable, se joignent des ventilateurs à force centrifuge, de formes très variées, et dont l'emploi est seul possible, quand il faut fournir aux chambres de chauffe l'énorme quantité d'air, qu'elles absorbent avec le tirage forcé. Anciennement, on s'est servi de ventilateurs à hélice, imaginés par M. le directeur des constructions navales Sochet, placés dans les panneaux, et mus à bras. Tous les ventilateurs employés aujourd'hui sont mus par de petits moteurs à vapeur à grande vitesse.

Chambres de chauffe. — Dans les chambres de chauffe, une couche d'air chaud s'accumule à la partie supérieure, et il faut ménager, outre l'enveloppe de la cheminée, qui forme cheminée d'appel, des panneaux, tels que ceux qui servent au vidage des escarbilles, par lesquels il puisse s'échapper. Des manches à vent apportent de l'air frais; il faut les faire descendre le plus bas possible, afin que l'air qu'elles amènent se rende directement aux foyers, et n'incommode que le moins possible les chauffeurs. Le plus souvent, les dispositions locales forcent à les arrêter à 2 mètres au-dessus du parquet, et produisent une douche descendante d'air froid, d'autant plus dangereuse, que le travail des feux et la chaleur rayonnante des chaudières mettent presque toujours le personnel de chauffe en état de transpiration.

La disposition qui serait la plus favorable, et qui est rarement possible, consisterait à faire descendre les manches à vent au-dessous de la chambre de chauffe, et à amener l'air par une canalisation, placée sous les parquets devant chaque cendrier. Cette disposition a été adoptée pour le Tonnerre.

Les essais faits dans ces dernières années, pour accroître la production des chaudières, ont conduit à chercher à produire une légère compression de l'air dans la chambre de chauffe, en le refoulant avec des ventilateurs. Dans ce cas, tous les orifices, panneaux, portes de circulation, manches à escarbilles, doivent être bouchés par de doubles portes, formant tambour, et on a obtenu de cette manière, outre une consommation plus rapide de combustible, une température plus modérée dans la chambre de chauffe, sans ces courants d'air glacé, si funestes à la santé des chauffeurs. On admet généralement qu'il est nécessaire de fournir environ 18 mètres cubes d'air par kilogramme de charbon, quantité bien supérieure à celle qu'exige la combustion; mais il faut tenir compte des pertes par les ouvertures incomplètement fermées, et de la nécessité de laisser échapper de l'air par l'enveloppe de la cheminée, pour que la température ne s'élève pas trop. On peut aussi calculer à raison de 2,300 mètres cubes d'air par mètre carré de surface de grille, pour un tirage forcé en vase clos, et une combustion de 130 kilogrammes par heure et par mètre carré de grille.

Machines. — Depuis l'adoption de pressions plus fortes, et de machines plus puissantes, il a été de plus en plus difficile d'obtenir dans les machines une température modérée; d'une part, la température de la vapeur, celle par suite des surfaces, qui rayonnent de la chaleur, a été notablement accrue; de l'autre, les dimensions de la machine se sont développées, sans qu'on pût augmenter dans les mêmes proportions celles de sa chambre, qu'elle remplit tout entière; le cube d'air très restreint, qui l'environne, est rapidement porté à une très haute température. On a soin, il est vrai, de recouvrir toutes les surfaces métalliques de matières non conductrices : feutre, liège, bois, enduits divers; mais cela ne suffit pas, surtout sur le parquet supérieur, au-dessus duquel vient se loger l'air le plus chaud, arrêté par les barrots du faux-pont; le séjour et la manœuvre ne tardent pas à y devenir impossibles.

Un remède à cet état de choses consiste, quand il n'y a pas de pont cuirassé, à déborder le faux-pont dans sa partie centrale, en dedans des cloisons des soutes à charbon, et à ne le garnir que de tôles perforées; pour éviter l'irruption de l'air échauffé dans les entreponts supérieurs, il est bon d'entourer le panneau de la machine, dans chaque entrepont, d'un tambour en menuiserie, ou en tôle, muni de portes. Sur les paquebots, où les cylindres peuvent être placés très haut, cet inconvénient ne se produit pas; mais sur les navires de guerre, et surtout sur les cuirassés, qui n'ont pas de panneau au-dessus de la machine, ces palliatifs sont inapplicables; il faut y substituer l'action de ventilateurs, placés le plus souvent au-dessus de la machine, aspirant l'air échauffé, et y joindre des conduits d'arrivée et de sortie.

L'aspiration doit toujours se faire à l'endroit où l'air échauffé tend à s'accumuler, c'est-à-dire sous le pont situé au-dessus de la machine; il est bon de placer un plafond en tôle, percé de prises d'air à papillon, à une vingtaine de centimètres au-dessous des barrots. Quant à l'arrivée de l'air frais, elle se fait soit par les panneaux, soit au travers d'autres compartiments de la cale, que le tirage aère.

Logements. Inconvénient des cloisons étanches. — Quand les logements sont placés dans les œuvres mortes au-dessus de la flottaison, la ventilation naturelle suffit; mais quand ils sont situés sous un pont blindé, qui n'a que quelques panneaux étroits, comme sur la plupart des cuirassés, l'emploi de la ventilation artificielle devient indispensable. Les cloisons étanches, si précieuses à d'autres points de vue, deviennent ici une gêne considérable, et obligent à établir une ventilation indépendante pour chaque compartiment habité d'une manière permanente, comme les logements, ou temporaire comme les soutes, les locaux réservés aux appareils de pointage et de chargement des canons, à la manœuvre du gouvernail.

L'arrivée d'air frais se fait soit par les panneaux, toujours en petit nombre, soit par des manches à vent, qui ont l'inconvénient de percer le pont cuirassé; on peut encore profiter de quelques ouvertures indispensables, telles que les trous de passage des chaînes, les passages des projectiles.

Quant à l'air vicié à rejeter au dehors, les mâts en tôle peuvent quelquefois fournir une cheminée d'appel suffisante. Le plus souvent ils ne sauraient agir avec assez d'efficacité, et on est obligé de faire déboucher les conduits d'aspiration dans l'enveloppe de la cheminée. Dès lors, une difficulté se présente, il faut ou traverser le pont blindé, et cheminer ensuite au-dessus de la flottaison, ou passer au-dessous du pont blindé, et alors percer les cloisons étanches.

Les deux méthodes sont employées sur des bâtiments du même type; ainsi nous pouvons citer le Terrible, où les conduits de ventilation percent les cloisons étanches au-dessous de la flottaison, et l'Indomptable, où l'air traverse le pont cuirassé par des trous de 5 à 6 centimètres de diamètre, en nombre suffisant pour obtenir une section convenable. Nous donnons la préférence à cette dernière méthode; il vaut mieux, à notre avis, affaiblir légèrement quelques endroits du pont cuirassé, qu'établir une communication certaine d'un côté à l'autre des cloisons, communication que l'on peut, à la vérité, intercepter au moyen de vannes.

On peut admettre comme section des conduits d'aspiration 12 centimètres carrés par mètre cube de l'espace à aérer, quand il est habité d'une manière permanente, 4 à 8 centimètres carrés quand il n'est occupé que temporairement.

Sur le Vengeur, on n'a pas eu recours aux cheminées d'appel; une machine soufflante sert à produire de l'air sous pression, qui est distribué par un tuyautage dans les conduits d'évacuation de l'air vicié, auquel est ainsi donnée une impulsion qui le chasse au dehors.

Pour mieux préciser les données générales que nous venons d'indiquer, nous examinerons l'ensemble de la ventilation de deux navires cuirassés de type différent; l'un, le Formidable, est un navire à tourelles; le second, le Courbet, est un navire à réduit.

Ventilation du Formidable. (*pl.* 125-126, *fig.* 841 à 844). — La puissance prévue de la machine est de 8,500 chevaux à tirage forcé. On a admis une consommation par cheval de $1^{kg},20$, et une dépense d'air théorique de 13^{m^3} par kilogramme de charbon, que l'on a doublée pour tenir compte des pertes par les ouvertures, et du dégagement d'air chaud par l'enveloppe de la cheminée. La quantité totale à fournir est donc :

$$8,500 \times 1,2 \times 26 = 265,200^{m^3}.$$



Les ventilateurs adoptés, d'un diamètre de 1m,60, pouvant donner 34,000^{m3} environ, en refoulant dans la chambre de chauffe à la pression de 10 millimètres d'eau, on est conduit à employer huit ventilateurs.

Chambre de chauffe. — Les ventilateurs *bb* sont placés contre la cloison, qui sépare la partie du faux-pont communiquant à l'air libre, de celle qui, avec la chambre de chauffe, forme vase clos; ce dernier espace a été réduit, autant que possible, par des écrans, afin de diminuer les fuites, et d'éviter l'échauffement de l'air par le contact des parties à température élevée des chaudières. Les deux ventilateurs de chaque chambre sont placés côte à côte, attelés à la même machine; ils refoulent l'air sur l'avant de la partie supérieure des chaudières, par des puits d'aérage pratiqués dans le pont. La cloison écran, parallèle à la façade avant des chaudières (*fig.* 844), et placée un peu en arrière dans sa partie inférieure, est percée, pour l'évacuation de l'air chaud, de registres que l'on peut fermer à volonté; l'air chaud peut s'échapper, soit par l'enveloppe de la cheminée, soit par des conduits débouchant dans la cheminée d'aérage, qui enveloppe le mât de misaine, et y produit un tirage, qui aère les compartiments de l'avant. Des tambours fermés *tt* donnent accès dans la chambre de chauffe, quand on marche à tirage forcé. L'air frais arrive aux ventilateurs par un panneau de descente *c* pour les chambres de l'avant, et pour celles de l'arrière, par deux panneaux spéciaux *dd*, percés dans le pont principal.

Quand on marchera à tirage naturel, on ouvrira les portes de communication des tambours avec le faux-pont, et alors les trois panneaux et une manche placée dans l'enveloppe de la cheminée fourniront de l'air frais, qui passera du faux-pont dans la chambre de chauffe.

Chambre des machines. — L'air vicié de chaque chambre des machines est aspiré entre le pont principal et la tôle pare-éclats, dans deux conduits plats en tôle *gg*, qui aboutissent, après s'être transformés en une lame plate, qui longe la cloison latérale, à un ventilateur, placé en abord de la chambre; du ventilateur, l'air refoulé remonte verticalement le long de la cloison, puis circule dans un conduit horizontal *h*, établi dans trois entre-barrots du pont principal, et aboutit à une cheminée centrale, qui enveloppe le mât; celui-ci, qui descend jusqu'à l'étage inférieur des machines, assure l'aérage dans cette partie. L'air frais est amené par le panneau de descente *l*.

Compartiment du servo-moteur. — L'air frais descend par deux trous circulaires *jj*, percés à l'arrière du pont blindé, passe entre les barrots, arrive à la partie inférieure des étagères à filin et des coquerons latéraux, passe de là dans le compartiment de la barre; puis, traversant une cloison étanche à sa partie supérieure, il descend dans la coursive des soutes à fulminate, passe dans la chambre des machines Farcot, et vient évacuer dans la cheminée d'aérage des machines.

Compartiment de l'extrême avant. — L'aération naturelle se fait par deux trous *kk* percés dans le pont blindé à l'avant des chemins de fer; l'un d'eux amène l'air frais au fond de la cale; l'autre sert au dégagement de l'air vicié.

Compartiment de l'avant. — L'air frais arrive dans le poste des blessés par deux trous *ll*, percés dans le pont blindé, traverse la cale à eau, le compartiment des appareils hydrauliques, passe dans plusieurs mailles de la tourelle avant, réunies par un collecteur horizontal, et de là est chassé dans la cheminée d'évacuation, disposée autour du mât de misaine, placé au-dessus du panneau de descente de la chaufferie avant.

Soutes à poudre. — L'aération se fait par les conduits des monte-charges *m, m, m;* les compartiments en abord (soutes à poudre, ou chambre des machines hydrauliques) reçoivent l'air par



leurs panneaux d'accès; l'air vicié est évacué par des conduits traversant le pont blindé, et aboutissant aux cheminées d'aérage.

Soutes à charbon. — La ventilation temporaire des soutes à charbon est destinée à éviter les accumulations de grisou, qui se produisent quelquefois, et qui peuvent être un grave danger. Les soutes situées par le travers de la chaufferie reçoivent une petite quantité d'air des ventilateurs par une porte étanche, pratiquée à la partie supérieure de la cloison longitudinale; cet air descend par un conduit en tôle jusqu'au fond de la soute; les gaz dégagés par la houille s'évacuent par les trous d'homme, pratiqués dans le pont blindé; ils sont ensuite amenés par des conduits amovibles en tôle dans des entre-barrots *n n*, et de là dans la cheminée d'aérage.

Les autres soutes, moins considérables, n'ont pas de refoulement d'air, et n'ont qu'un dégagement analogue à celui des soutes principales.

Ventilation du Courbet. — La ventilation du Courbet (*pl.* 124, *fig.* 845-846) a été étudiée d'une manière tout à fait différente; l'arrivée d'air pur et frais se fait par les extrémités du navire; après avoir balayé et rafraîchi les locaux échauffés par la machine motrice et par les appareils auxiliaires, cet air pénètre dans la chambre de chauffe, transformée en vase clos, et est absorbé par les foyers des chaudières. On peut objecter à ce système, que l'air fourni à la chaufferie est moins propre à entretenir la combustion, que celui que l'on puise directement dans l'atmosphère, et qu'il subit par son passage dans divers locaux des résistances, qui diminuent le débit des ventilateurs. Il est bon, en outre, de remarquer que toutes les cloisons étanches sont percées, à leur bord supérieur, il est vrai, et munies de vannes.

Compartiment des moteurs auxiliaires de l'avant. — L'arrivée d'air frais se fait par un panneau *a* du fort central, et par une manche à vent *b*, qui traverse la cloison placée à l'avant du compartiment; elle aère en même temps le magasin général; au passage de la manche dans la cloison, se trouve une vanne, qui, en cas de nécessité, maintient l'étanchéité. Cet air échauffé est aspiré dans l'espace compris entre le pont principal et un plafond en tôle mince, percé de trous garnis de papillons de réglage; chaque trou porte un ajutage conique, destiné à empêcher que la veine entrante ne soit étranglée par le grand courant d'air horizontal.

L'air chaud est ensuite aspiré par deux ventilateurs *cc*, d'un débit total de 40,000 mètres cubes, qui l'envoient aux foyers, en le refoulant au travers de la cloison étanche de la chambre de chauffe.

Compartiment de la barre. — Dans ce compartiment de l'extrême arrière, l'air frais afflue par un panneau circulaire à surbau blindé *d*, percé dans le pont principal au-dessus de la mèche; deux ventilateurs prennent cet air, le refoulent par un conduit horizontal au travers des cloisons, jusqu'aux chambres des machines; à son débouché, ce conduit se retourne verticalement, et laisse échapper l'air au-dessous du parquet inférieur, par une lame mince *f*, percée de trous, et régnant sur toute la longueur de la machine.

Appareil moteur. — Chaque chambre des machines reçoit l'air frais refoulé à sa partie inférieure; l'air chaud est puisé entre le pont principal et un plafond en tôle mince, par un ventilateur *g*, placé à l'avant, qui refoule cet air échauffé dans la chaufferie.

Chambres de chauffe. — Les chambres de chauffe reçoivent déjà l'air, qui leur est envoyé par les deux ventilateurs de la machine et les deux ventilateurs de l'avant. Quatre autres ventilateurs *hh* sont installés au pied de la cheminée, sur le pont principal; l'air leur est fourni par le panneau d'aérage de l'avant du fort central, et rafraîchit sur son passage l'emplacement occupé par



l'appareil de pompage des canons ; il est refoulé par les ventilateurs dans une partie du faux-pont, limitée par des cloisons longitudinales DG, et passe de là dans la chambre de chauffe par une bouche d'aérage *ii*, qui reçoit déjà l'air des ventilateurs de l'avant et de l'arrière.

Le panneau d'aérage KK de la chaufferie est fermé par des panneaux à charnière PP ; il en est de même de l'enveloppe des cheminées, au moyen de petits volets, que l'on peut, au besoin, laisser relevés pour le dégagement de l'air chaud.

La chambre de chauffe reçoit donc le refoulement de huit ventilateurs, fournissant un total de 160,000 mètres cubes, soit 18 mètres cubes par heure et par kilogramme de charbon.

Quand on marche à tirage naturel, l'air arrive aux chaudières par le panneau d'aérage central KK, prolongé verticalement par un puits en tôle ; pour augmenter son débit, on surmonte ce puits d'un capot léger *l*, suspendu sur deux tourillons, qui fonctionne comme une gigantesque manche à vent, et peut tourner son orifice soit vers l'avant, soit vers l'arrière. La section du puits d'aérage est de $17^{m^2},50$.

Ventilation des transports hôpitaux. — L'étude de la ventilation des navires a reçu une forte impulsion à la suite de l'expédition du Mexique ; de nombreux transports avaient dû traverser l'Atlantique, chargés de chevaux, et sur beaucoup d'entre eux une mortalité considérable, causée par le manque d'air et l'infection, avait sévi. La conquête de la Cochinchine, et la nécessité de rapatrier sur des transports hôpitaux un nombre considérable de malades, est venue donner un nouvel intérêt à ces études, dont nous allons résumer les résultats.

Sur ces navires, destinés à marcher longtemps à la voile, on a voulu éviter l'emploi de la ventilation artificielle ; le système adopté consiste à réunir les mailles par un tuyau collecteur, aboutissant à l'enveloppe de la cheminée, qui, considérablement agrandie, reçoit les gaz chauds des cuisines, et est munie de deux foyers spéciaux, qui produisent un appel d'air pour le cas de marche à la voile, ou de séjour au mouillage. L'air vicié pénètre dans les mailles par des ventouses, pratiquées aux endroits où il peut le plus facilement s'accumuler ; l'air frais, aspiré par une série de manches à vent, arrive dans des canaux longitudinaux, placés dans les locaux habités, et surtout dans la batterie basse, dont les sabords sont souvent fermés à la mer.

L'aération peut être réglée à raison de 40 mètres cubes par homme et par heure, 200 mètres cubes par cheval. On peut compter sur une vitesse de $1^m,50$ pour l'aspiration, par l'enveloppe de la cheminée.

Nous donnons le plan de ventilation adopté pour le transport la Gironde (*pl.* 127, *fig.* 847-848). Il existe deux collecteurs d'air vicié ; le premier, *aaa*, qui court sur presque toute la longueur du navire, avec des sections décroissantes vers les extrémités, est placé au-dessus des barrots de la batterie basse ; arrivé au compartiment des machines et des chaudières, il descend dans le faux-pont, et vient aboutir dans l'enveloppe de la cheminée. Il aspire l'air vicié de la batterie basse, destinée au logement des chevaux, et de quelques parties du faux-pont ; un second collecteur *bb* aspire l'air dans la partie centrale de la batterie basse, non desservie par le premier. Ces conduits sont en tôle, de section rectangulaire ; ils puisent l'air vicié de la batterie basse par quatre files de trous de 3 centimètres de diamètre, percés dans la tôle verticale intérieure ; quant au faux-pont, il est aéré par les mailles, qui sont mises en communication, avec les mêmes conduits, par des bouches d'appel percées dans la tôle vaigre. Au milieu du bâtiment, les collecteurs se retournent à angle droit, passent dans plusieurs entre-barrots consécutifs, et atteignent l'enveloppe de la cheminée.

L'air pur arrive par de nombreuses manches à vent, dont quelques-unes aux extrémités, *cc*,

l'envoient directement dans certains compartiments de la cale et du faux-pont. Toutes les autres *ddd* débouchent dans des conduites longitudinales *ce*, situées dans la batterie basse sous barrots et de chaque bord. Ces conduites ont une section rectangulaire décroissante, au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la manche qui les alimente ; elles sont percées de ventouses, dont le rapprochement décroît de la même manière. Leur face inférieure étant en bois, leurs faces latérales en toile, on peut les annuler, en les relevant sous barrots, et elle ne font aucun obstacle à la circulation.

Pour les étages supérieurs, batterie, teugue, dunette, la ventilation naturelle, par les panneaux et les sabords, est considérée comme suffisante.

FIN DE LA TROISIÈME PARTIE.

QUATRIÈME PARTIE.

MISE A L'EAU. — APPAREILS DE RADOUB.

CHAPITRE XXXVI.

LANCEMENT.

Lancement. — La construction du navire étant arrivée au degré jugé convenable, le navire passe du chantier de construction à la mer, par une opération appelée *lancement*. Dans les chantiers du commerce, qui ne peuvent le plus souvent disposer d'un bassin de radoub, et sont obligés d'en louer un à grands frais pour les travaux complémentaires de la coque, on pousse la construction aussi loin que possible : quelquefois on va jusqu'à mettre en place la machine, et même la mâture. Dans les arsenaux, où certains travaux de ce genre seraient rendus impossibles par les toitures, où de plus on dispose de bassins, l'usage est de terminer le gros œuvre de la coque, sans mettre en place la cuirasse, s'il y en a une, quelquefois de monter la menuiserie et les cloisons de la cale, et de réserver tout le reste du travail pour l'achèvement à flot. Les vaisseaux de l'ancienne flotte à voiles étaient souvent mis à l'eau sans que leurs hauts fussent bordés, afin de réduire leur poids, et d'atténuer les chances d'accident.

Il y a le plus souvent tout intérêt, au point de vue de l'économie, à pousser sur cale la construction aussi loin que possible, et à ne réserver, pour le séjour au bassin et l'achèvement à flot, que les travaux qu'on ne peut exécuter auparavant.

La difficulté considérable du lancement consiste à faire passer la masse très pesante de la coque, des tains et des accores, qui la supportent pendant le cours de la construction, sur le traîneau qui doit la conduire à la mer.

Calculs de stabilité. — Avant tout lancement, on doit, et des accidents trop récents en prouvent la nécessité, faire, pour les conditions d'assiette et de déplacement dans lesquelles se trouvera le navire, les calculs complets de stabilité, sans oublier que, pendant une partie de l'opération, le navire porte sur la cale par son avant, sans être soutenu sur les côtés par son berceau, et que, pendant cette période, il est dans les conditions défavorables d'un navire échoué.

Efforts auxquels le navire est soumis. — Le navire, porté par un berceau, glisse sur un plan incliné, construit à la pente de la cale; les surfaces de contact sont lubrifiées par un enduit destiné à réduire le frottement. L'effort, qui tend à mettre le navire en mouvement, est la composante de son poids, augmenté de celui du berceau, parallèle à la surface de glissement. Si nous désignons par P ce poids, par θ l'angle fait par la cale avec l'horizon, cette composante aura pour valeur $P \sin\theta$. En appelant f le coefficient de frottement, on aura, pour l'effort qui s'oppose à son départ, $fP \cos\theta$. Il faudra donc, pour que le bâtiment parte, que l'on ait :

$$P \sin\theta \geq f P \cos\theta;$$

$$\operatorname{tang}\theta \geq f.$$

La valeur de tang θ est dans nos arsenaux de $\frac{1}{12}$, soit 0,0833 ; dans quelques chantiers du commerce, elle descend jusqu'à $\frac{1}{27}$ ou 0,037, et même $\frac{1}{32}$ ou 0,031. Quant à la valeur de f, elle varie suivant l'état des surfaces de contact, suivant la température, qui modifie les enduits, et suivant la charge par unité de surface. Les chiffres, donnés dans les aide-mémoire, pour la valeur du coefficient de frottement de chêne sur chêne, fibres parallèles, avec enduit de suif frais, 0,14 au départ, et 0,06 pendant le mouvement (Morin), sont au-dessus de ce qui a été constaté dans divers lancements.

La valeur de f peut descendre au-dessous de 0,03, ce qui explique le départ de navires sur des cales ayant une pente de $\frac{1}{32}$. Cette discordance entre les résultats d'expériences presque toujours citées, et la pratique de tous les chantiers de construction, est depuis longtemps connue de tous les ingénieurs de la marine. Le départ sans impulsion initiale, et même avec une grande vivacité, de navires sur des cales inclinées de $\frac{1}{12}$, et même moins, est un fait qui démontre d'une manière irréfutable, que le coefficient de frottement au départ ne dépasse jamais, quand les surfaces sont bien dressées et bien suiffées, la valeur 0,08; c'est là un point qu'aucune expérience de cabinet ne peut infirmer. On verra plus loin que la pratique démontre également, qu'il est inexact d'admettre que le coefficient de frottement ne dépend pas de l'étendue de la surface frottante.

Mesure du coefficient de frottement. — La mesure expérimentale de l'effort qui sollicite le navire, d'où on déduit facilement la valeur de f, s'effectue en faisant entraîner par le navire un tambour, dont la rotation est proportionnelle aux espaces parcourus, et sur lequel un mouvement d'horlogerie pointe des intervalles de temps égaux. On obtient ainsi la loi du mouvement :

$$e = f(t);$$

puis par une double différentiation :

$$v = \varphi(t),$$

$$\frac{dv}{dt} = \psi(t).$$

La valeur de $\frac{dv}{dt}$, multipliée par la masse en mouvement, donne à chaque instant l'intensité de la force motrice $P(\sin\theta - f\cos\theta)$, et par suite la valeur de f. Les résultats de plusieurs lancements, étudiés de cette façon, ont donné des valeurs de f qui varient de 0,0217 à 0,0532.

On remarquera d'ailleurs que cette valeur est encore trop forte, le navire subissant dans son mouvement l'action de forces retardatrices, dues à la résistance des milieux, l'air d'abord, l'eau ensuite, qu'il a à déplacer.

Nous donnons ci-dessous les valeurs des coefficients de frottement observés pour quelques navires.

NOMS DES NAVIRES.	POIDS au lancement.	LONGUEUR de la savate.	LARGEUR de la savate.	CHARGE par centimètre carré.	COEFFICIENT de frottement.
	tx	m	m	kg	
Amiral-Baudin	3759	94,9	0,80	4,05	0,0217
Furieux	1702	72,5	0,60	3,91	0,0257
Pourvoyeur	500	55,4	0,40	2,25	0,0324
Flamme	420	50	0,47	1,78	0,0370
Étoile	259	40	0,42	1,34	0,0407
Pluvier	287	51	0,47	1,17	0,0400
Alcyon	168	45,75	0,42	0,87	0,0487
Sentinelle	34	20	0,30	0,56	0,0532

Le coefficient de frottement est généralement plus fort à Toulon, dans un climat chaud, que dans les ports du Nord de la France; les navires y ont moins de tendance à partir, peut-être parce qu'il s'opère une sorte de soudure des deux couches de suif en contact, rendues plus fusibles, peut-être aussi parce que le procédé de lancement usité à Toulon répartit la charge sur une plus grande surface.

Ainsi que le démontrent les chiffres du tableau ci-dessus, le coefficient de frottement augmente pour les navires, quand la pression par unité de surface diminue, et c'est pour cela qu'on construit les petits navires sur des cales plus inclinées. On est même arrivé à décider à partir des navires qui s'y refusaient, en les chargeant de lest (La Ciotat), ce qui établit d'une façon péremptoire que le frottement n'est pas indépendant de la pression par unité de surface.

Il convient toutefois de faire quelques réserves sur la valeur de f au départ, qui peut être moindre que ce que donne le calcul des courbes, le navire partant souvent avant que tous les tains secs ne soient abattus, ou que la savate ne soit complètement sciée. Les calculs faits sur l'Amiral-Baudin ont donné au départ $f = 0{,}04055$, en y comprenant le frottement sur quatre tains secs; le frottement minimum a été $f = 0{,}0217$.

Pour faire inscrire par le navire la loi de son mouvement, on peut employer le dispositif suivant, usité au port de Cherbourg. Un tambour A (*pl.* 128, *fig.* 849) reçoit les indications d'un style, mû par un électro-aimant, qui bat la seconde sous l'impulsion d'un mouvement d'horlogerie. Il est mis en mouvement par une roue engrenant avec un pignon D, calé sur le même arbre qu'une poulie à gorge; celle-ci reçoit un tour mort d'un cordage, dont l'une des extrémités est entraînée par le navire, et l'autre vient d'un rouleau fournisseur. Il résulte des rapports des diamètres de ces divers organes, que le rapport des espaces parcourus par le navire et les points de la circonférence du tambour sont dans le rapport 12,11 à 1.

L'arbre CD est fileté, et, par sa rotation, met en mouvement dans une coulisse le curseur E, qui porte l'électro-aimant. Il en résulte que l'espace parcouru par le curseur est dans un rapport constant avec le chemin parcouru par le navire et les points de la circonférence du tambour; l'électro-aimant marque donc une série de crans sur une hélice du tambour. Le développement de cette hélice donne une série de droites parallèles; en projetant les crans m, n, sur la base en m', n', les distances

comprises entre ces points, amplifiées dans le rapport 12,11, mesurent les espaces parcourus dans des temps égaux d'une seconde.

Vitesses pendant le lancement. — Les vitesses varient beaucoup suivant les moyens de retenue employés, et suivant la pente des cales. Ainsi sur des cales au douzième, le Friedland a acquis une vitesse maxima de 13 nœuds ou $6^m,68$, le Furieux $5^m,55$, l'Amiral-Baudin 5 mètres. Nous donnons les courbes tracées par ces deux derniers navires (*pl.* 128, *fig.* 850 et *pl.* 131, *fig.* 851), qui font ressortir les variations de la vitesse, aux divers instants où les moyens de retenue commencent à agir, et où la résistance de l'eau se fait sentir.

Sur des cales moins inclinées que celles usitées en France, la vitesse prend des valeurs sensiblement moindres; ainsi dans une série de dix navires, étudiés par M. Denny (Trans. of the Naval Architects, 1882), lancés sur des cales, dont l'inclinaison au point de départ variait de $\frac{1}{24}$ à $\frac{1}{32}$, et dont la pente maxima ne dépassait pas $\frac{1}{10}$, on est arrivé à des vitesses maxima variant de $3^m,56$ à $5^m,70$.

Effort sur la cale. — Pendant que le navire glisse sur la cale, les poids de ses différentes parties, berceau compris, donnent une résultante P, dont on peut évaluer la grandeur et la position, voisine du milieu de sa longueur.

Quand il pénètre dans l'eau (*pl.* 128, *fig.* 852), il immerge des parties de sa carène, comprises entre le pied de l'étambot et des flottaisons successives faisant avec la quille l'angle θ, égal à celui de la cale avec l'horizon; il en résulte des poussées Q, dont le calcul des centres de carène et des déplacements successifs permet de déterminer le point d'application et la grandeur. La résultante du poids et de la poussée, qui d'abord applique la quille sur la cale, peut finir par l'en détacher. Pour nous en rendre compte, supposons le navire immobile, et le niveau de l'eau s'élevant graduellement, ce qui ne changera rien à l'action de ces forces, et marquons le point M où la résultante P — Q vient rencontrer la flottaison *fl* correspondante. En joignant par un trait continu les points ainsi déterminés pour un certain nombre de flottaisons, on obtient une courbe NMR, qui part de la rencontre de la verticale du centre de gravité avec l'horizontale passant par le pied de l'étambot, et est asymptote à la flottaison FL, qui donne un déplacement $Q = P$, et une résultante nulle transportée à l'infini.

Cabanement. — En même temps que le niveau de l'eau monte, l'extrémité de l'avant-cale se déplace, de manière à rester à une profondeur constante τ au-dessous du niveau; pour la flottaison *fl* par exemple, elle se trouvera en O'. Tant que la résultante P — Q rencontrera la cale en un point plus élevé que le point O' correspondant, la quille continuera à être appliquée; si, par suite du peu de longueur de l'avant-cale, ou de la faible valeur de τ, le point O' dépasse P — Q, cette résultante fera tomber le navire sur l'arrière en pivotant autour de O', il *cabanera;* cette circonstance se présentera avec un navire long et fin, et une avant-cale courte. Il en résultera une augmentation plus rapide des déplacements, qui pourra ensuite faire repasser P — Q à droite de O', et réappliquera, par un mouvement brusque, la quille sur la cale, en produisant un choc nuisible à la solidité du bâtiment.

Quand le navire a de la tendance au cabanement, on peut l'éviter, en augmentant le déplacement de l'arrière, au moyen de barriques ou de coffres, placés sous les façons. On se sert généralement de coffres de cette espèce à la Ciotat, mais surtout pour empêcher le pied de l'étambot de s'immerger trop profondément, la pente du terrain devant les cales étant faible. On peut aussi obvier à ce danger, en donnant à l'avant-cale une pente plus forte; mais alors on rend moins sûre l'action



des retenues, qui doivent modérer la progression du navire. Cette disposition a été adoptée à Cherbourg, où on a fait des avant-cales, dont la section longitudinale est un arc de cercle de grand rayon.

Rotation et effort sur le brion. — Au moment où la résultante P — Q passe par la verticale du brion *b*, toute son intensité, qui auparavant se répartissait sur la longueur de la quille, porte sur une étendue restreinte, et il est intéressant de se rendre compte de sa grandeur. La flottaison correspondante se détermine en menant la verticale du brion jusqu'à la rencontre de la courbe NMR, et en traçant l'horizontale $f_1 l_1$; quant à la position du brion sur la cale, on l'obtiendra en mesurant la distance verticale, qui sépare la position initiale du niveau de l'eau de la flottaison $f_1 l_1$.

Désignons par T_1 et t_1 les tirants d'eau *ab* et *cd* du navire, au moment où la résultante passe par le brion,

T_0 et t_0 les tirants d'eau du navire flottant,

L sa longueur,

R sa hauteur métacentrique longitudinale,

W la pression à déterminer.

On a pour l'inclinaison de la quille par rapport à l'horizon, le navire étant sur la cale :

$$\theta = \frac{T_1 - t_1}{L};$$

et le navire flottant :

$$\theta_0 = \frac{T_0 - t_0}{L}.$$

La réaction W est la force qu'il faudrait appliquer à l'extrémité du navire, pour modifier son assiette de l'angle $\theta - \theta_0$, d'où l'égalité :

$$W \frac{L}{2} = PR(\theta - \theta_0),$$

$$W = \frac{2PR}{L^2} [T_1 - t_1 - (T_0 - t_0)].$$

L'intensité de W croît donc avec le déplacement, la hauteur métacentrique, et la différence entre l'inclinaison de la cale et celle de la quille ; on réduit la fatigue du brion en lançant les navires par l'arrière, puisque, sur presque tous, le tirant d'eau arrière est supérieur au tirant d'eau avant.

Sur les anciens vaisseaux de 100, la pression sur le brion ainsi calculée était de 300 tonneaux. Quoique l'augmentation de la longueur tende à la réduire, elle est notablement plus forte sur les grands navires actuels, dont le déplacement, au lancement, est beaucoup plus considérable ; ce même calcul a donné pour le Friedland 780 tonneaux, et pour l'Amiral-Baudin 652 tonneaux.

Le mode de calcul que nous indiquons n'est qu'approximatif, puisqu'il ne suppose pas de vitesse acquise au bâtiment ; celui-ci ne commence à tourner que plus tard, et des mesurages directs, faits sur le Furieux, ont montré que ce navire n'avait commencé à pivoter qu'après avoir dépassé de $1^m,15$ le point indiqué par la théorie. Le déplacement est donc plus fort au moment de la rotation, et la différence P — Q plus faible, ce qui réduit sensiblement la fatigue du brion.

Le procédé, indiqué plus haut pour empêcher le cabanement, a pour inconvénient de diminuer la différence, et par suite d'augmenter la fatigue du brion ; on doit donc en borner l'emploi au strict

nécessaire, en pratiquant des ouvertures dans les flotteurs, pour leur permettre de se remplir, dès que le cabanement n'est plus à redouter.

Trajectoire du pied de l'étambot. — On trouvera dans les cours de théorie du navire l'indication de méthodes, permettant de calculer la trajectoire du pied de l'étambot. Il est toujours essentiel de faire ce calcul, pour s'assurer si le mouvement du navire ne risque pas d'être arrêté par les saillies du profil du fond de la mer, en avant de la cale.

Salut. — Le brion ne quittera l'avant-cale que quand il atteindra le tirant d'eau t_0 du navire flottant. Si l'avant-cale n'atteignait qu'une profondeur plus faible τ, le brion tomberait brusquement de la quantité $t_0 - \tau$, et le bâtiment saluerait, ce qui cause une secousse, que l'on fera bien d'éviter.

Dans tous les calculs qui précèdent, il faut tenir compte non du tirant d'eau sous quille, mais du tirant d'eau sous berceau, qui peut en différer notablement.

En résumé, il importe que l'avant-cale ait la longueur et la pente convenables pour satisfaire aux deux conditions : impossibilité du cabanement, impossibilité du salut; aller au delà serait une dépense inutile.

Travaux préparatoires. — Avant tout lancement, on doit exécuter un certain nombre de travaux, indépendants du mode d'appareil adopté, et se rapportant soit au navire, soit à la cale.

On termine et on vérifie exactement le gournablage et le calfatage. On bouche les prises d'eau et le tube d'étambot, au moyen de tapes en bois très exactement calfatées; on consolide le navire au moyen d'épontilles supplémentaires et d'écharpes obliques, distribuées dans la maîtresse partie, au droit des points de portage du berceau. Sur les bâtiments en fer à double coque, il est prudent d'établir les ventrières, dont il sera parlé plus loin, au droit d'une des lisses longitudinales : le bordé, imparfaitement soutenu par des membres quelquefois très espacés, n'offrirait pas un appui suffisant. On installe toutes les pièces, faux bossoirs, faux écubiers, bittes, etc., nécessaires aux moyens de retenue que l'on compte employer; on installe également deux ancres en mouillage (1).

On vérifie les traverses de la cale, et on régularise l'avant-cale; on la dégage de tous les objets, qui, rejetés par la mer, pourraient entraver la marche du navire. Cette opération est facile dans les ports à marée; dans les ports sans marée, on ne fait pas glisser le berceau sur l'avant-cale, mais sur un vaste tablier en charpente chargé de lest, que l'on coule quelques jours avant le lancement; il faut donc régulariser avec du béton la surface de portage de ce tablier.

Berceau sur roustures. — Le berceau sur roustures, le plus ancien de tous, est encore en usage dans certains chantiers de la Méditerranée (la Seyne, la Ciotat), quoiqu'il soit généralement admis que son usage est coûteux, et moins sûr que celui des berceaux en charpente.

Les pièces fondamentales du berceau sont deux *couettes*, ou *coittes*, ou *anguilles* (*pl.* 129 et 130, *fig.* 853-854-855), de section rectangulaire, ayant $0^m,60$ à $0^m,70$ de côté, formées d'une mèche centrale en bois résineux, enveloppée de bordages en chêne, dont les écarts se décroisent. Les clous et chevilles d'assemblage doivent être noyés de 2 à 3 centimètres dans le bois, afin d'éviter qu'ils ne fassent obstacle au mouvement. Pour la même raison, on incline souvent les écarts à 45°, à l'opposé du sens du mouvement, et en arrondissant les angles. La distance des couettes est environ le tiers de la largeur du navire.

(1) Des tribunes doivent être construites pour les spectateurs, et le navire être décoré avec goût de pavillons et de feuillage.



La face inférieure de chaque couette (*pl.* 129-130, *fig.* 856-857) repose sur un coulisseau, formé de bordages parallèles, chevillés sur les traverses de la cale et de l'avant-cale; un bordage de champ, dépassant de 8 à 10 centimètres le coulisseau, empêche le déplacement latéral de la couette. Les couettes ne peuvent s'éloigner ni se rapprocher l'une de l'autre, par suite de l'installation d'une série d'arcs-boutants obliques, butant sur le haut du tableau de quille, et entaillés à gueule sur la couette, et de tours de cordages, qui passent dans des boucles fixées sur la face intérieure des couettes, et qui sont fortement bridés et raidis.

On établit de chaque bord, au-dessus des couettes, des pièces longitudinales, appelées *ventrières*, ajustées suivant les formes de la carène, et taillées par-dessous parallèlement aux couettes. Entre les ventrières et les couettes, on interpose de fortes pièces verticales, appelées *colombiers*, et portant plusieurs engoujures, dont on verra plus loin l'utilité. Dans les parties acculées du navire, on supprime fréquemment la ventrière, et on fait porter les colombiers directement sur des taquets chevillés sur le bordé; on consolide souvent les grands colombiers au moyen de bordages, qui sont cloués sur leurs faces extérieures et les rendent solidaires, d'arcs-boutants établis entre eux et le navire, pour les empêcher de fléchir transversalement, d'autres arcs-boutants établis entre leur partie milieu et la couette. Dans la partie centrale, le plan inférieur des ventrières vient souvent presque toucher les couettes, et on engage dans l'intervalle des languettes, sur lesquelles on force pour faire porter le berceau; s'il y a un plus grand espace, on en comble une partie au moyen de billots, sous lesquels on place les languettes.

Pendant l'installation de tout cet appareil, le navire repose encore sur ses tains; avant de les enlever, on complète le berceau, en garnissant chaque paire de colombiers de plusieurs tours de forts cordages, qui les embrassent à la hauteur de leurs engoujures et passent sous la quille. Ces amarrages, appelés *roustures*, sont fortement raidis; leur tension est augmentée par des bridures transversales; enfin, quand on veut la porter à son maximum, au moment du lancement, il suffit de les mouiller, pour produire une contraction, qui applique plus fortement encore les ventrières sur la carène, et permet l'enlèvement des tains. Nous donnons (*pl.* 129-130, *fig.* 856-857), le berceau de lancement du Dupleix, paquebot des Messageries Maritimes.

Le berceau sur roustures est complètement indépendant de la coque; il est lesté, et abandonne le navire dès que celui-ci flotte; des bouées permettent alors de le retrouver, et de le ramener à terre.

Les moyens de retenue et de chasse sont à peu près les mêmes, que ceux que nous décrirons plus loin, dans une étude d'ensemble.

Berceau en charpente sur couettes vives. — Dans ce système, plus récent (*pl.* 133-134, *fig.* 858-859), la disposition des couettes et de leurs coulisseaux reste la même; seulement la quille porte sur un coulisseau central, par l'intermédiaire d'une troisième couette, appelée *savate* ou *patin*, et composée de deux cours de pièces de peu de longueur, afin qu'on puisse les mettre en place sans démonter plus de deux ou trois tains à la fois. La savate est placée sous la quille, sans lui être fixée; le frottement suffit pour les empêcher de se déplacer l'une par rapport à l'autre. Quelquefois les coulisseaux des couettes reçoivent une légère inclinaison vers l'axe du navire, afin d'éviter que le navire en glissant ne se déplace latéralement.

Les deux couettes et la savate sont rendues solidaires par un réseau de traverses et d'arcs-boutants obliques (*pl.* 137, *fig.* 860), assemblés à tenon avec elles, et par une série de grands boulons transversaux, qui les traversent toutes les trois, ou qui réunissent l'une des couettes à la savate; à l'avant et à l'arrière, elles sont souvent reliées par deux fortes traverses, qui sont fixées



dans une entaille, et boulonnées. Cet ensemble constitue un vaste traîneau ayant la longueur du navire, avec lequel il glisse à la mer.

Le navire porte, à l'aplomb des couettes, des ventrières, que des taquets empêchent de remonter, et de courir de l'avant à l'arrière; quand le bâtiment est en fer, on peut les fixer au moyen de deux cornières boulonnées le long de leurs cans; si les fonds sont plats au portage des ventrières (*pl.* 132, *fig.* 861), on peut supprimer les taquets ou les cornières : le frottement seul suffit pour les maintenir. On établit sur les couettes, et dans toute leur longueur, un fort bordage appelé *sablière*, qui repose sur elles, et dont le dessus vient toucher la ventrière dans la partie centrale. Dans les parties qui ont plus d'acculement (*pl.* 132, *fig.* 862), on interpose entre la sablière et la ventrière des colombiers, qui sont reçus dans des mortaises pratiquées dans ces deux pièces, et consolidés par des gardes; enfin aux extrémités, les colombiers butent quelquefois directement sur des taquets chevillés sur la coque. La face inférieure de la sablière porte de nombreuses mortaises ayant 2 centimètres de haut d'un côté, 4 du côté opposé, dans lesquelles on engage de longs coins ou *languettes*, ayant 1 mètre de long et 8 centimètres environ d'épaisseur au gros bout.

Des languettes de même forme sont interposées entre la savate et la quille, quelquefois sous le coulisseau central, si celui-ci n'est pas chevillé aux traverses de la cale; elles servent, comme celles des couettes, à faire porter le navire sur son berceau au moment du lancement; si le tableau de quille a de la hauteur, ou si les dispositions de la cale s'y prêtent, on peut se contenter de composer la savate de deux cours de pièces de bois, réunies par un chevillage transversal et des lattes longitudinales; mais pour les bâtiments en fer à quille plate, on est le plus souvent obligé de la surélever (*pl.* 132, *fig.* 861-863), en interposant entre la savate et la quille un empilage de pièces longitudinales et transversales, consolidées par des gardes et des arcs-boutants dirigés sur l'arrière.

A l'avant, la savate épouse la forme du brion; quelquefois elle est prolongée par un bout, qui est chevillé aux traverses de la cale, et sert de moyen de retenue (*pl.* 136, *fig.* 872-873); quelquefois aussi elle est terminée carrément, et des coins de chasse font effort sur son extrémité. Les figures 858-859 (*pl.* 133-134), représentent le berceau de la frégate cuirassée la Flandre ; les figures 860 à 863 (*pl.* 132 et 137) indiquent des détails de celui du cuirassé le Courbet.

Ce berceau est d'une construction assez coûteuse, à cause de sa complication ; la dépense est d'ailleurs beaucoup atténuée, par l'emploi, à chaque lancement, de la plupart des pièces des berceaux précédemment construits ; les couettes, la savate, leurs arcs-boutants peuvent resservir ; il n'y a guère que les ventrières qui soient à refaire, au moins en partie. Mais son plus grand inconvénient est la nécessité de mettre les trois coulisseaux, sur toute leur longueur, dans le même plan; si ces plans ne concordaient pas ou n'étaient pas parallèles, il en résulterait des frottements anormaux, et probablement l'arrêt du navire.

En revanche, il a l'avantage de répartir l'effort sur une large surface, et par suite de convenir parfaitement aux cales établies, comme à Toulon, sur des terrains rapportés, dont on n'est pas bien sûr; mais cette faible pression par unité de surface peut avoir pour effet de diminuer la tendance du navire à partir.

Berceau sur couettes mortes ou sur quille. — Quand on est sûr de la solidité du terrain et surtout de l'avant-cale, il vaut mieux avoir recours au lancement sur *couettes mortes* ou *sur quille*, généralement usité aujourd'hui, même pour les plus grands navires, dans les ports de l'Océan.

Dans ce mode de lancement (*pl.* 137-138, *fig.* 864-865) le bâtiment n'est supporté que par sa quille, garnie d'une savate, qui court dans un coulisseau central suiffé ; les oscillations latérales du

navire sont arrêtées, quand elles se produisent, par deux ventrières, placées sur la carène, au tiers environ de sa largeur; leur plan inférieur est établi parallèle et un peu au-dessus de deux couettes fixes; l'intervalle laissé d'ordinaire varie de 10 à 25 millimètres, et se réduit au moment du départ, par suite de l'affaissement de la coque. La hauteur du plan supérieur des couettes diffère souvent de celle du coulisseau central; dans les bâtiments ayant de l'acculement, on les surélève par un billottage arc-bouté sur l'arrière, pour éviter de faire des ventrières trop hautes. Les ventrières ne règnent que sur le quart de la longueur du bâtiment; quelquefois on les fractionne en deux parties séparées par un vide; elles sont fixées sur la coque au moyen de deux cornières qui bordent leurs cans, ou sont chevillées, si le navire est en bois.

La savate (*pl.* 135, *fig.* 866) est constituée, comme dans le cas précédent, par deux cours de pièces droites en chêne de 30 × 30 centimètres pour un grand navire; elles sont réunies par des dés, et par des lattes longitudinales en fer croisant les écarts, ou même par une latte continue d'un bout à l'autre. Si la hauteur des fonds du navire l'exige, on place une seconde savate sous la quille, et on interpose des billots transversaux entre les deux savates. La savate se décompose en tronçons de 7 à 8 mètres, que l'on peut mettre en place sans dégarnir le navire de ses tains sur une grande longueur; elle repose sur un coulisseau formé de bordages en chêne, et garni de rebords laissant un vide de 1 à 2 centimètres de chaque côté; ces rebords sont arc-boutés sur les côtés, pour le cas où la quille viendrait faire effort contre eux. Le coulisseau porte sur des languettes, qui reposent elles-mêmes sur les tains, dont on a supprimé les pièces supérieures; quelquefois on le place directement sur les traverses de la cale, et on augmente de hauteur la savate au moyen de billots.

Le plus souvent le coulisseau n'est pas continu; il se compose de pièces ménageant entre elles le vide nécessaire à un tain, qu'on laisse subsister de distance en distance jusqu'à la veille du lancement; à ce moment on supprime la pièce supérieure de ces tains, et on la remplace par un bout de coulisseau. A l'avant, les tains secs, dont il sera parlé plus loin, sont conservés jusqu'au dernier moment, dans les intervalles des pièces du coulisseau.

L'extrémité avant de la savate se surélève pour épouser les formes du navire; elle est composée de pièces assemblées à échelons, ou est simplement complétée par un taquet; son bout est le plus souvent chevillé sur les traverses de la cale.

A l'arrière, elle dépasse l'étambot (*pl.* 135, *fig.* 867), et porte un talon de forme convenable, de manière qu'on soit sûr qu'elle sera entraînée avec le navire, qui d'ailleurs lui est entièrement lié par le frottement puissant qui s'exerce à la surface de contact.

Les figures 864-865 (*pl.* 137-138) représentent le berceau de la Magnanime; les détails 866 et 867, et les coupes 868-869 (*pl.* 135) sont empruntés au lancement du Furieux.

Lancement sur béquilles. — Le lancement sur béquilles (*pl.* 136, *fig.* 869-870) est une simplification du lancement sur couettes mortes, convenable pour les petits navires. Le navire porte deux grands colombiers, réunis par un fort bordage faisant office de ventrière, et glissant sur les couettes.

Lancement sur cuivre. — Dans ce système, applicable aux navires de petite et moyenne dimension, quand on veut les lancer tout doublés, et éviter l'entrée au bassin, le navire porte sur une savate, placée sous la quille; les ventrières sont tenues par deux forts cordages, amarrés à leurs extrémités et rentrant à bord, ceux de l'avant par les écubiers, ceux de l'arrière par la jaumière. On peut aussi maintenir les ventrières par des ceintures en chaînes, faisant le tour du navire sous la quille, et passant dans des trous pratiqués dans la savate.

Appareils de retenue. — Quel que soit le mode de lancement adopté, il est indispensable de se prémunir contre un départ prématuré, qui pourrait donner lieu aux accidents les plus graves; il importe également que ces appareils soient disposés de manière qu'on puisse s'en débarrasser instantanément, dès que l'heure du lancement est arrivée.

Taquets et sous-barbes de l'arrière. — On place d'ordinaire à l'arrière des couettes ou de la savate, suivant le mode de lancement, des taquets chevillés sur la cale; on place également des *sous-barbes* (*pl.* 133, *fig.* 858), sortes d'accores, qui viennent appuyer contre les formes de l'arrière et l'étambot. Ces appareils, que l'on ne pourrait dégager au dernier moment sans danger, sont enlevés peu de temps avant l'opération finale, à laquelle ils ne concourent pas.

Saisine. — On pratique souvent, à l'avant des couettes ou de la savate, un large trou (*pl.* 136, *fig.* 871), consolidé par des plates-bandes en fer, dans lesquelles passent plusieurs tours d'un cordage, qui vient embrasser une forte bitte, chevillée aux traverses de la cale.

Ce cordage, en filin blanc, pour qu'il ait plus de force, vigoureusement raidi, porte sur un billot en sap, sur lequel on le coupe à grands coups de hache, au moment du lancement.

Chevillage de la savate. — La savate sert souvent de moyen de retenue; elle est alors chevillée sur plusieurs traverses de la cale (*pl.* 136, *fig.* 872-873), et on dispose un harpon, bien affûté, qui la scie à l'arrière du chevillage, et que l'on dirige souvent obliquement, pour qu'il ait moins de tendance à s'engager. Ce mode de retenue est moins dangereux que la saisine, qui, si le navire part au moment où on ne l'a tranchée qu'en partie, peut, en se déroulant, blesser les travailleurs, ou former une coque qui arrête le navire. Si le bâtiment part en arrachant une partie de la savate, il n'en résulte aucun inconvénient.

Clefs. — On installe toujours des clefs, c'est-à-dire des arcs-boutants qui font tête sur les couettes ou la savate, et qui prennent appui sur les traverses de la cale. Leurs dispositions sont de plusieurs espèces.

Quelquefois la clef est un levier A (*pl.* 138, *fig.* 874), qui porte sur un point fixe M, et, par l'intermédiaire d'un arc-boutant E, sur un taquet D, fixé à la coque, et est retenu par une saisine S en filin, amarrée sur une traverse F de la cale; le rapport des bras de levier est convenablement choisi pour que la saisine, avec un effort modéré, puisse empêcher la rotation du levier, et retenir le navire; il suffit de la hacher pour que la clef tombe avec l'arc-boutant E, et dégage le navire.

Plus fréquemment, les clefs sont des arcs-boutants obliques (*pl.* 139, *fig.* 875-876), ayant une pente de un quart environ sur l'horizon et sur l'axe longitudinal du navire; leur tête appuie sur un taquet assemblé à échelons, et solidement chevillé avec les couettes ou la savate; leur pied repose dans une mortaise pratiquée dans une longrine chevillée sur les traverses. Pour que la clef puisse facilement pivoter autour de son pied, qui est taillé carrément, on donne à sa tête une coupe oblique fournissant un dégagement de 2 à 3 centimètres, et on garnit de tôle blanchie à la lime les surfaces de contact.

Le pied est forcé contre son taquet au moyen d'un coin effilé, et pour que celui-ci agisse énergiquement, on garnit les surfaces, sur lesquelles il glisse, de sabots en bois à fibres parallèles aux siennes.

La clef est soutenue par une courte épontille *a*, dite *bonhomme*, munie d'un bout de filin, qui permet de la manœuvrer facilement; si la clef ne tombe pas d'elle-même, un coin *b*, forcé entre elle et un ressaut ménagé au taquet de la savate, permet de la dégager d'un coup de masse.

Si elle résistait, il ne resterait plus qu'à l'abattre à coups de hache, moyen toujours dangereux, surtout dans une opération rapide, et qui emploie beaucoup de personnel.

Les clefs ont 18 à 20 centimètres d'équarrissage; les taquets 20 à 25 centimètres, sur une longueur de 1^{m},30 environ.

Une disposition de clefs, applicable à de petits navires (*pl.* 136, *fig.* 877), consiste à placer, sous l'extrémité avant de la savate, une clef verticale, engagée dans une entaille de cette pièce, et reposant sur un petit plan incliné; elle est soutenue par deux arcs-boutants horizontaux, l'un au milieu de sa longueur, l'autre à la base. Il suffit de faire sauter l'arc-boutant A, qui ne subit qu'un faible effort, pour que le navire soit dégagé.

Dans les chantiers du commerce, on installe souvent des masses en fonte, qui, en tombant sur les clefs, les abattent; ces masses sont retenues par un cordage passant sur des poulies, et finalement terminé par un lien très faible, quelquefois même un ruban, qu'il suffit de couper avec une paire de ciseaux pour faire partir le bâtiment.

Tains secs. — Le moyen de retenue, que l'on conserve jusqu'au dernier moment, est le frottement de la savate sur des surfaces de chêne à fibres perpendiculaires aux siennes, c'est-à-dire sur des tains établis dans la partie avant du navire.

Les tains secs sont souvent formés, comme les tains ordinaires, d'un empilage de pièces (*pl.* 136, *fig.* 878), soutenues par des gardes et des arcs-boutants sur l'arrière; la pièce supérieure est entaillée de traits de scie, dans lesquels on engage des coins en fer, et des coups de masse la démolissent facilement. Les coins sont engagés obliquement, afin que les deux triangles *abc*,*def* étant tombés, ce qui reste du tain puisse facilement être chaviré soit par les ouvriers, soit par le navire lui-même.

On peut aussi adopter la disposition de la figure 879 (*pl.* 139), imaginée par M. le sous-ingénieur de la marine Récopé; la pièce supérieure du tain est traversée par deux traits de scie obliques, venant se réunir sur l'axe; un coin de fer est engagé dans la partie la plus faible de sa portion inférieure. Il suffit de chasser le coin à la masse, pour que les deux moitiés se séparent, et pour que le navire devienne libre.

On emploie également des tains formés de deux forts coins superposés (*pl.* 139, *fig.* 880), disposés de manière que leurs pointes soient en saillie. Les coins sont forcés à coups de billard; pour les dégager, on billarde sur leur pointe, qui est coupée carrément. Si l'on veut être maître de les retirer, il ne faut pas que leur pente soit trop faible; si on veut qu'ils agissent puissamment, il faut qu'elle soit modérée; on devra adopter un angle de 10 à 15°. Si on ne pouvait les repousser, on les fendrait avec des coins de fer.

Souvent aussi on emploie des tains à sable, imitation du système adopté pour le décintrage des ponts; ils se composent d'une boîte en tôle (*pl.* 140, *fig.* 881) ouverte aux deux bouts, et divisible en deux parties, réunies par deux boulons. Sur un fond en bois, qui est soutenu par des coins, on place une certaine quantité de sable tassé, puis une sorte de piston en chêne, reposant sur un plateau en fonte, que l'action des coins vient appliquer énergiquement sur la savate; le sable ne transmettant pas la pression dans tous les sens, ne tend pas à faire éclater la boîte. Il suffit de desserrer rapidement les boulons, munis d'écrous à oreille, faciles à tourner, pour le faire écouler, et annuler la pression et le frottement.

Quand on n'aura pas à sa disposition l'appareil que nous venons de décrire, on pourra sans inconvénient, au moins pour de petits navires, se contenter d'un simple sac en toile, serré par des



coins entre deux pièces du tain sec; il suffira de déchirer le sac pour que le sable s'écoule, et que l'action du tain soit supprimée.

Les tains secs doivent être installés à l'avant, afin que les hommes chargés de leur manœuvre puissent se dégager facilement, au moment où le navire se met en mouvement. Très efficaces pour les navires en bois, qui par suite de leur faible raideur, s'asseyent avec énergie sur leur surface, ils offrent beaucoup moins de garantie pour les navires en fer, qui, même dégarnis d'accores sur une notable longueur, ne fléchissent pas sensiblement; on n'est jamais bien certain de la puissance de frottement que l'on obtiendra.

Calcul des appareils de retenue. — Les appareils de retenue doivent toujours être largement calculés, en estimant la force impulsive à sa valeur maxima, c'est-à-dire en supposant un coefficient de frottement égal au plus à 0,03. On ne doit pas non plus supposer que tous travaillent simultanément, et il faut disposer tout au moins les tains secs, de manière qu'ils puissent à eux seuls arrêter le navire. On admet qu'ils supportent à peu près totalement le poids de la tranche du navire, sous laquelle ils sont placés, et on peut prendre comme coefficient de frottement de chêne sur chêne, non suiffé, fibres perpendiculaires, 0,25. Il y a d'ailleurs une incertitude assez grande sur la charge que subissent réellement ces tains, d'où résulte une très grande inégalité dans le nombre de tains secs, qu'il est d'usage de placer dans les différents ports. L'Amiral-Baudin a reçu 13 tains secs, dont 4 n'ont pu être dégagés avant le départ du navire: le Furieux n'a reçu que 3 tains secs; le Courbet en a reçu également 3; enfin, à Toulon, on n'a placé souvent qu'un tain à sable, même pour des bâtiments d'assez grande dimension.

Appareils de chasse. — Il est également nécessaire d'établir des appareils complétant la force impulsive, si elle est insuffisante pour vaincre le frottement au départ. Les uns fonctionnent par choc et ébranlement, pour décoller les surfaces de contact, d'autres par pression continue et graduée.

Arc-boutant de chasse. — L'arc-boutant de chasse est un fort accore (*pl.* 138, *fig.* 864-865) butant sur l'étrave, qu'il embrasse par une sorte de croissant, et dont le pied est forcé par deux coins, portant sur un fort taquet. Une traverse et deux espars verticaux le reçoivent, quand il s'abat, le navire se mettant en mouvement.

Les coins sont chassés au moyen de billards, composés soit de masses en fonte conduites dans une coulisse, et tirées par des cordages, soit de fortes pièces de bois, dirigées de la même manière au moyen de manches transversaux.

Coins de chasse. — On remplace souvent aujourd'hui l'arc-boutant par des coins de chasse (*pl.* 139, *fig.* 875-876), qui, poussés de même par des billards, tendent à déplacer longitudinalement le navire; ils ne produisent pas, comme l'arc-boutant de chasse, une force verticale, qui, si le navire n'est pas trop lourd, soulage l'avant, et diminue le frottement.

Leviers d'abatage. — Un moyen plus puissant que les précédents consiste à installer de chaque côté du navire un ou deux forts leviers (*pl.* 140, *fig.* 882), dont le point fixe est un vigoureux taquet chevillé à la cale, et qui portent par un bout sur un second taquet fixé sur la savate; à son autre extrémité est estropée une des deux poulies d'une caliorne en six, dont le garant est garni au cabestan. Le rapport des deux bras de levier est généralement $\frac{1}{10}$; il faut fixer la position des deux taquets, de manière que le levier soit un peu oblique à l'axe avant le départ, et puisse agir pendant une longueur suffisante de la course, pour vaincre complètement les frottements initiaux.



Le cabestan, la caliorne et le levier, en admettant un rendement de 50 0/0 seulement, par suite des frottements, multiplient encore l'effort exercé par los hommes par 90 environ, et donnent à cet appareil une très grande puissance ; on arrive facilement, avec un levier bien étudié, à faire un effort de 150 tonneaux.

Quelquefois, pour prévenir la flexion du levier, on l'arme de deux tirants et d'une contrefiche, placés dans un plan horizontal. Il repose sur un chevalet, qui le maintient, pendant sa course, parallèle au sol.

Presses hydrauliques. — Enfin l'installation dans un certain nombre de chantiers d'accumulateurs, destinés à fournir de la force motrice, soit à des riveuses, soit à d'autres machines-outils, a permis, en prolongeant les canalisations existantes, d'amener l'eau sous pression en tête des cales ; on a pu, par suite, installer des presses hydrauliques, dont les pistons viennent faire effort sur les couettes et la savate, au moment du départ : on peut en placer à l'avant de la savate pour remplacer les coins de chasse (*pl.* 132, *fig.* 863).

Ébranlements. — On peut citer, parmi les moyens propres à faire partir un navire qui hésite, les ébranlements causés dans la charpente, en faisant courir sur le pont les hommes, toujours assez nombreux, qui sont à bord.

Appareils destinés à modérer la vitesse et à diriger le navire. — L'espace dont on dispose devant la cale est souvent assez restreint, pour qu'on soit obligé de réduire la vitesse du bâtiment, et le chemin qu'il a à parcourir pour éteindre sa force vive. On arrive à faire descendre au-dessous de 200 mètres (Furieux 181 mètres, Amiral-Baudin 194), l'espace nécessaire aux plus grands bâtiments. Mais il faut que l'action de ces appareils soit graduée, et ne se produise énergiquement, que quand la quille s'est décollée de la cale, et que le ralentissement du navire ne peut plus amener son arrêt complet.

Masque. — On installe souvent à l'arrière un plan vertical, perpendiculaire à la longueur du navire, appelé *masque* (*pl.* 140, *fig.* 883-884), fixé à l'étambot, et arc-bouté horizontalement sur les façons du navire ; il est constitué par quelques plançons verticaux, croisés par des traverses et un bordé. Son action très puissante a l'inconvénient de se faire sentir dès que le navire entre dans l'eau, trop tôt par suite, et peut l'arrêter, si sa vitesse n'est pas suffisante. Les figures 883-884 donnent la disposition du masque du Furieux.

Câbles de retenue et bosses cassantes. — Des câbles de retenue sont amarrés à des points fixes solides (*pl.* 134, *fig.* 858) installés à terre, tels que piliers de cale, ancres enterrées et chargées de lest ; ils entrent à bord par un écubier, et vont s'amarrer sur des bittes. Une première partie de ces câbles, de longueur égale au chemin que l'on veut faire parcourir librement au bâtiment, jusqu'à la rotation sur le brion, est élongée sur le pont, et disposée de manière à éviter les coques, qui, en engageant l'écubier, arrêteraient le navire ; le reste du câble est replié, et sur les plis sont fixés par des amarrages des cordages plus faibles, ou *bosses cassantes* (*pl.* 135, *fig.* 885), dont la rupture successive éteindra une partie de la force vive. Les amarrages doivent être faits dans le sens des spires du câble, sans quoi ils sont exposés à rompre, dès que les bosses raidissent. Des hommes armés de haches surveillent les bosses cassantes, prêts à les couper, si le navire n'a pas assez de vitesse, ou si la résistance des bosses est plus grande que ce qu'on a supposé. Il est d'ailleurs toujours prudent d'en essayer une ou deux à la presse hydraulique.

Quelquefois le câble est lové, non à l'intérieur du navire, mais sur un plan incliné, placé

devant l'étrave; mais cette installation est gênante pour les nombreux appareils, qui doivent trouver place en cet endroit, et le déroulement rapide du câble est dangereux pour le personnel. On peut plier en deux la partie du câble qui ne porte pas les bosses, et la fixer le long de la savate ou d'une couette, par des bridures et de petits pitons, qu'il arrache en se tendant; mais dans cette disposition, le câble peut facilement s'accrocher à quelque partie saillante du berceau.

Les câbles de retenue ont de très fortes dimensions, 400 à 500 millimètres de circonférence, pour un grand navire. Quant aux bosses, leur circonférence peut aller jusqu'à 190 millimètres; on en varie le nombre, d'après le travail résistant qu'on veut obtenir. On substitue quelquefois des chaînes aux câbles, ce qui n'a pas d'inconvénient pour la portion placée extérieurement au bâtiment avant le départ; mais le câble en chanvre, par son extensibilité plus grande, convient mieux pour résister avec douceur à la force vive du bâtiment, et l'éteindra plus facilement sans rompre.

Radeau. Drome. — On installe, transversalement au parcours du navire, un radeau ou une drome de vieilles pièces de mâture, fixée par des chaînes à deux radeaux, mouillés eux-mêmes de chaque côté. Quand l'arrière du navire vient rencontrer cet obstacle, il commence par tendre les chaînes du radeau, et les chaînes de mouillage, ce qui absorbe du travail; puis, le radeau se mâte et la résistance de l'eau, sur toute sa surface, vient s'ajouter à celle qui s'exerce déjà sur le masque. Le choc qui se produit pourrait être nuisible au navire, si on n'avait la précaution de consolider l'étambot arrière par des arcs-boutants dans la cage, et de le recouvrir de garnis en bois tendre.

Câbles conducteurs. — Quand le plan d'eau dont on dispose n'a pas une très grande étendue, le navire, dès qu'il quitte la cale, doit être dirigé, afin que l'action des câbles de retenue se fasse bien, et qu'il ne vienne rencontrer ni d'autres navires, ni les quais voisins. Pour cela, deux câbles sont amarrés en tête de cale, et à l'extrémité de la course assignée au navire, soit sur les quais opposés, soit sur un ponton; ils passent sur le navire dans deux galoches à l'avant, deux à l'arrière; enfin des bosses fixées sur le pont servent à amarrer le navire sur les câbles conducteurs, dès qu'il s'arrête, pour empêcher le mouvement de rappel, que les câbles de retenue et la tension des chaînes d'amarrage de la drome pourraient produire.

Quelquefois on a cherché à profiter de l'action des câbles de retenue pour faire pivoter le navire. La disposition adoptée par feu M. Sabattier, alors ingénieur de la marine, pour le lancement de l'Ulm (*pl.* 141, *fig.* 886), consistait à munir les deux chaînes de retenue de bosses cassantes; l'une d'elles était composée de deux parties, dont la jonction n'était faite que par les bosses (*pl.* 141, *fig.* 887). Celles-ci s'étant toutes rompues, le navire n'était plus retenu que par une seule chaîne, dont la traction en dehors de l'axe, jointe à l'action du courant de la Charente, le faisait pivoter.

Conduite de l'opération. — L'étude de tous les moyens d'action doit précéder de quelques mois l'opération elle-même; on doit confectionner à l'avance toutes les pièces qui entrent dans la composition de l'appareil. Toutes les surfaces de frottement doivent être exécutées avec le plus grand soin et parées au rabot; tous les angles des bouts des pièces doivent être arrondis au ciseau et garnis de suif. Les chevilles et boulons doivent être noyés de 2 à 3 centimètres, dans des mortaises à bords arrondis, et recouvertes également de suif.

Le montage de tout le berceau doit être exécuté un mois environ avant le lancement, afin qu'on ait largement le temps de faire les retouches nécessaires; on doit surtout attacher son attention à maintenir les surfaces de frottement parfaitement planes; toute dénivellation serait dangereuse. Pour vérifier ce point sur la savate, on peut opérer de la manière suivante.

On marque sur toutes les pièces de la savate des lignes à la peinture, dont le bord est exac-

tement parallèle à la surface de frottement, et on vérifie à la vue que la ligne que forme leur réunion, une fois la savate assemblée, est bien continue. On dispose ensuite, de distance en distance, des bordages placés sur champ, normaux à la savate, sur les cans supérieurs desquels on pratique une rainure que l'on remplit d'eau; on s'assure ainsi que les faces latérales des pièces de la savate sont verticales. Enfin, à quelques millimètres au-dessus de chacun des bordages, on en établit un second; si les différentes pièces sont bien en prolongement, les fenêtres horizontales, ainsi formées, doivent se trouver dans le même plan, et par suite une lumière, promenée devant la première fenêtre en tête de la cale, doit être aperçue de la dernière fenêtre, placée à l'arrière du navire. Si la coïncidence n'existe pas, on la rétablit en agissant sur les coins de la coulisse.

Deux jours avant le lancement, on fait le montage définitif de la savate et des couettes; celles-ci sont retournées pour recevoir, ainsi que les ventrières ou les coulisseaux, la savate et sa coulisse, trois couches de suif fondu, la première très chaude, pour qu'elle pénètre les cavités du bois, et ait une forte adhérence. A Toulon, on mélange au suif 10 0/0 de savon marbré, et on passe par-dessus une couche de savon; au moment du lancement, on injecte sous les couettes de l'huile chaude, par des lumières ménagées à cet effet. En remettant toutes les pièces en place, on s'assure exactement qu'il n'existe ni copeaux, ni éclats de bois, ni clous ou morceaux de métal dans les surfaces de contact, et pour éviter qu'il ne s'en introduise, on garnit le vide, qui existe entre les rebords des coulisseaux et la savate ou les couettes, avec de l'étoupe et des tresses en fil de caret, qu'on enlèvera au moment du lancement.

On termine alors le montage définitif du berceau; on fait le boulonnage des pièces de la savate; on place les arcs-boutants et les grands boulons, qui réunissent la savate et les couettes du berceau sur couettes vives; on met en place, sans les forcer, toutes les languettes. On garnit de tresses, clouées sur le bordé, les taquets d'accore des bâtiments en bois, afin d'éviter que leur chute, s'ils étaient arrachés, ne blesse les ouvriers. On fixe sur la tête des accores des rabans de retenue rentrant à bord, qui permettent de les amener en douceur, quand on les a déchaussés. Les saisines sont faites; les clefs, leviers d'abatage, arc-boutant de chasse mis définitivement en place.

La veille du lancement, on fait une revue générale de tout l'appareil; on consolide par des arcs-boutants les tains, les couettes; on fait plonger le long de l'avant-cale, si elle ne découvre pas, pour la débarrasser des objets qui pourraient s'y être engagés. On supprime les tains qui ont été maintenus jusqu'alors, et on les remplace par des bouts de coulisseau, que l'on appuie contre les voisins au moyen de coins, et contre les traverses au moyen d'arcs-boutants. Enfin on coince fortement les tains secs, et on supprime les accores de la partie avant, ou tout au moins ceux des rangées inférieures, pour que la surface de la savate se mette, par le poids du navire, bien exactement en contact avec celle de ces tains. On peut aussi, pour réduire le travail du lendemain, enlever un certain nombre d'accores des autres rangées.

Le même jour, on fait avec les signaux convenus, tambour, cloche, pavillons, la répétition complète de l'opération finale; tout le personnel doit être désigné à l'avance; chacun doit avoir son poste indiqué, savoir reconnaître ce qu'il aura à faire, et l'exécuter avec ordre et en silence. Pour cela, on a dû établir à l'avance un véritable rôle de lancement indiquant minute par minute les opérations à faire, les noms des surveillants et des ouvriers chargés de leur exécution, le poste qu'ils doivent occuper avant et après chaque travail, les signaux conventionnels, par lesquels ils recevront chaque ordre, et annonceront son exécution. Rien ne doit être laissé à l'imprévu, pas même les premières mesures à prendre dans le cas où le navire refuserait de partir. Il faut avant tout éviter le désordre et la confusion, et pour cela se borner à avoir le personnel strictement nécessaire.

Le matin du lancement, on donne plusieurs volées sur les languettes, pour appliquer fortement la coulisse sous la quille, et reporter sur elle le poids du navire, puis on enlève successivement les accores, en ne réservant pour l'opération finale qu'une rangée d'accores de moyenne dimension, faciles à démonter.

L'enlèvement des accores doit se faire symétriquement de chaque bord ; il doit être conduit régulièrement et avec lenteur, pour laisser au navire le temps de s'asseoir sur son berceau, et de prendre graduellement sa nouvelle forme d'équilibre; il convient de supprimer d'abord un accore sur deux, de la première rangée à partir de la quille, puis moitié de la seconde, puis la seconde moitié de la première rangée, et ainsi de suite. Les accores doivent porter des numéros apparents, dans l'ordre de leur enlèvement, et de couleur particulière pour ceux qui doivent rester jusqu'à la fin. Pour ce travail, le personnel qui y est affecté est divisé en quatre escouades, chargées chacune d'une moitié de tribord et d'une moitié de babord. A un commandement préliminaire, roulement prolongé, deux travailleurs de chaque escouade déchaussent un accore, et lui passent le nœud coulant d'un raban; au commandement d'exécution, coup de baguettes, l'accore tombe doucement, soutenu par les hommes qui le retiennent du bord, et est immédiatement porté à un endroit convenu, pour dégager le chantier. Des signaux faits avec un guidon pour chaque escouade annoncent à l'ingénieur qui dirige le lancement, que l'ordre donné a été exécuté.

Quelques instants avant le moment fixé pour le lancement, on donne une dernière volée sur les languettes; on enlève les accores de l'étambot, les taquets des couettes et de la savate, on souque à refus les coins des tains secs; on met en pression les vérins hydrauliques, puis on enlève la dernière rangée d'accores, que l'on dispose à peu de distance et en ordre. A l'heure fixée pour le lancement, on hache les saisines et on fait tomber les clefs. On abat alors les tains secs et on scie la savate; au même moment, si le navire ne part pas de lui-même, on billarde sur les coins et l'arcboutant de chasse, et on agit sur les leviers d'abatage, dont les garants ont été raidis par les ouvriers chargés de l'enlèvement des accores.

Chacun de ces appareils doit avoir son personnel distinct, désigné nominativement à l'avance, dirigé par un surveillant.

Vérifications à faire après le lancement. — Aussitôt après le lancement, on doit vérifier si le navire ne fait pas d'eau; une cheville peut être mal enfoncée, et si, par hasard, le navire a touché, l'ébranlement de l'arrière peut provoquer des voies d'eau.

On doit aussi mesurer son arc ; pour cela, on a installé sur le pont, avant le lancement, deux voyants aux extrémités, et un au milieu, peints de couleurs vives, et alignés à une hauteur constante au-dessus de la quille. La quantité dont le voyant milieu s'est déplacé par rapport à la ligne qui passe par les deux autres, donne, après le lancement, la mesure de l'arc. On peut aussi mesurer l'arc en passant un cadre sous la quille, ainsi que nous l'indiquerons, chapitre XXXVIII.

Les dimensions principales doivent être mesurées sans retard et inscrites sur un imprimé réglementaire.

Démontage du berceau. — Quand le navire est lancé sur roustures ou sur couettes vives, il abandonne le berceau, qui, lesté, reste sur l'avant-cale; on le hale alors à terre, on le démonte et on le met en magasin pour une nouvelle opération. Dans le lancement sur quille, le navire laisse au fond de l'eau la savate, et emporte souvent les ventrières, que l'on ne peut démonter qu'au bassin, si elles sont chevillées sur une coque en bois, ou tenues par des cornières sur une coque en fer.

Autres modes de lancement. — On lance quelquefois par le travers des navires légers,



pour lesquels on craint les efforts de flexion dus au lancement. Dans ce cas, le navire est soutenu sur un certain nombre de chantiers transversaux, qui glissent chacun dans un coulisseau. Il faut, bien entendu, disposer d'un vaste espace parallèle à la mer, et il n'est pas facile de faire porter également le navire sur tous les chantiers. D'autres raisons peuvent également conduire à adopter ce mode de lancement; par exemple l'insuffisance de l'étendue d'eau disponible, eu égard à la longueur du navire. C'est de cette manière qu'a été lancé le Great Eastern.

On a aussi construit quelquefois un navire à côté d'un berceau de halage, sur lequel on l'a placé, en le faisant marcher parallèlement à lui-même, et qui a servi à le faire descendre à la mer. On a pu, de cette façon, construire le navire à peu près horizontalement, et éviter les frais d'une avant-cale.

Enfin on a plus d'une fois construit un bâtiment au bassin (Duquesne), et supprimé tout lancement.

Lancements manqués. — Au cas où le navire ne partirait pas, on doit se réserver le moyen de l'accorer immédiatement; c'est pour cela qu'on doit disposer en ordre, sous la cale, les derniers accores enlevés. On doit aussi conserver la possibilité de fixer de nouveau le navire sur sa cale, au moyen de quelques tains secs, dont on devra pouvoir rétablir de suite les pièces supérieures, et forcer les coins. Le mieux à faire est, dans ce cas, de démonter le berceau, de vérifier de nouveau toutes ses parties et de garnir les surfaces frottantes de suif frais.

L'accident le plus fâcheux se produirait, si, le plus souvent par suite d'une dénivellation de la cale, le navire s'arrêtait avant de flotter; la marée venant à baisser, le navire serait dans la situation la plus périlleuse; nous citerons, comme exemple récent de ce genre d'accident, le lancement de l'Independenzia (aujourd'hui H. M. S. Neptune), qui resta sur cale, et eut ses fonds démolis au portage de l'arête de l'avant-cale.

Le plus souvent, dans les cas de ce genre, on n'a d'autre ressource que de chercher à soulager l'arrière du bâtiment, au moyen de pontons ou de chameaux.

CHAPITRE XXXVII.

RÉGIME DES MARÉES. — HALAGE SUR CALE. — PLATINS D'ÉCHOUAGE.

Régime des marées. — Les mouvements réguliers de flux et de reflux de la mer doivent régler l'heure de certaines opérations, et contribuer à les faciliter ; il en est ainsi pour les lancements, les halages, les entrées au bassin, et le constructeur doit connaître les lois de ces phénomènes, dans lesquels il peut trouver une aide puissante ou une entrave. Les marées sont produites, comme on le sait, par l'attraction de la lune et du soleil sur la masse des eaux. Elles forment de grandes ondes, qui se succèdent à certains intervalles de temps, en corrélation avec la durée des jours lunaires, l'action de la lune étant prépondérante dans le phénomène.

Pendant la durée de chaque jour lunaire, il se produit deux marées; les marées des syzygies, ou marées de *vive eau*, sont plus fortes que les marées des quadratures, ou de *morte eau*. Les plus fortes marées de vive eau et les plus faibles de morte eau ont lieu aux équinoxes; le niveau moyen des marées est sensiblement le même, en chaque lieu, pour toutes les marées.

Établissement du port. — La pleine mer correspondante à un jour lunaire donné n'arrive en chaque point des mers qu'un certain temps après que la lune a passé au méridien ; le retard de la marée, variable suivant les lieux et la position des astres, reprend toujours la même valeur aux jours des syzygies, où la lune se trouve à ses distances moyennes de la terre. Sur nos côtes, le retard des marées des syzygies et des quadratures est de 36 heures, ou un jour et demi. L'heure à laquelle la pleine mer a lieu dans chaque port à ces jours particuliers, par suite du retard de la marée, constitue ce qu'on appelle l'*établissement du port;* on connaît cet élément du régime des marées pour les points principaux du littoral des différents pays. L'établissement du port est influencé par des circonstances locales, telles que la configuration des côtes, qui peuvent ralentir la propagation de l'onde de marée.

Il est, par exemple, à Cordouan de 3^h53^m ; à Brest, de 3^h46^m; au Havre, de 9^h18^m; à Dunkerque, de 12^h13^m.

La période de deux marées étant d'un jour lunaire, ou $24^h50^m,5$, il en résulte entre deux basses mers un intervalle de 12^h25^m, et un retard moyen journalier de $50^m,5$. L'heure du plein peut être influencée par l'action des astres, et par des causes accidentelles, par exemple les vents. La période de vive eau est un peu plus courte, 12^h20^m; celle de morte eau un peu plus longue, 12^h40^m; mais on retrouve toujours la période moyenne de 12^h25^m.

Le partage de cette période, entre le flot et le jusant, n'est pas égal; il varie suivant les localités :

	Flot.	Jusant.	
	h. m.	h. m.	
Cherbourg	5 43	6 35	Marée de vive eau. Durée totale 12h18m.
Brest	6	6 18	
Port-Louis	6	6 18	
Fort Boyard	5 56	6 22	

On calculera l'heure de la marée en comptant combien il y a de jours écoulés depuis la dernière nouvelle ou pleine lune. En multipliant ce nombre par 50 minutes, retard journalier de la marée, et en ajoutant l'établissement du port, on aura l'heure de la marée.

Hauteur de la marée. — La hauteur totale d'une même marée a des valeurs différentes suivant les points où on l'observe. Les rapports entre les hauteurs totales en des lieux différents restent les mêmes, quelle que soit l'importance de la marée. On a pu par suite déterminer pour chaque port un chiffre de hauteur, qui, multiplié par un coefficient représentant d'une manière générale l'importance de la marée à un jour donné, fait connaître la hauteur que la marée atteindra ce jour-là dans le port que l'on considère. Le chiffre adopté pour cela est la moitié de la hauteur totale de la marée que produisent les astres, quand ils sont l'un et l'autre dans le plan de l'équateur, à leurs distances moyennes, et passent ensemble au méridien; on lui a donné le nom d'*unité de hauteur;* elle est le résultat de nombreuses observations.

L'Annuaire du Bureau des Longitudes donne chaque année, et pour tous les jours de l'année, les coefficients exprimés en centièmes, qui représentent l'importance de toutes les marées consécutives. Il suffit dès lors de multiplier l'unité de hauteur d'un port par le coefficient qui convient à une marée donnée, pour avoir la moitié de la hauteur totale que prendra cette marée au port que l'on considère. Les unités de hauteur font ainsi juger des variations de hauteur qu'éprouve une même marée, en passant aux différents lieux dans son mouvement de propagation.

Le tableau suivant donne les unités de hauteur des principaux ports :

	m
Fort Boyard	2,83
Port-Louis	2,24
Brest	3,30
Saint-Malo	5,84
Cherbourg	2,93
Le Havre	3,55
Dunkerque	2,70

Ainsi, le coefficient de marée étant de 1,04 le 19 avril 1882, la hauteur totale de la marée à Brest était :

$$2 \times 3^{m},30 \times 1,04 = 6^{m},86.$$

Les annuaires des marées donnent les hauteurs des marées toutes calculées, et rapportées à un zéro, qui est le niveau des plus basses mers observées.

La hauteur de la marée est influencée par la forme des terres, et varie beaucoup sur nos côtes; elle atteint son maximum à Granville, diminue jusqu'à Cherbourg, augmente de nouveau jusqu'à l'embouchure de l'Orne, et diminue jusqu'à Dunkerque. En allant vers le sud, on trouve un minimum à Audierne, un nouveau maximum à Saint-Nazaire et la Rochelle, enfin une décroissance jusqu'à l'Adour.

Il ne suffit pas de pouvoir calculer l'heure et la hauteur de la marée, il faut encore con-



naître à quelle heure on pourra compter sur une hauteur d'eau donnée; c'est ce qu'on obtient par une représentation graphique, ayant les temps pour abscisses et les hauteurs pour ordonnées, qui donne la courbe *locale* de la marée.

Dans une mer ouverte et de profondeur à peu près constante, la courbe s'éloigne peu d'une sinusoïde; les variations de profondeur et les accidents de configuration des côtes introduisent une différence notable entre la durée du flot et celle du jusant, et modifient quelque peu sa forme. Enfin, sur certains points, il existe des causes de perturbation si puissantes, que la courbe locale des marées acquiert des formes très irrégulières, présentant soit un aplatissement marqué à son sommet, soit des protubérances, qui donnent deux maxima à la marée.

Les courbes des principaux ports de notre côte ouest, extraites de l'ouvrage de M. Comoy (1), que nous donnons (*pl.* 143-144, *fig.* 888-889), rendent compte de la variation de la forme de la courbe locale mieux que toute autre description. Leur éloignement plus ou moins grand de l'axe des hauteurs met en évidence le retard, que la forme des terres impose à la propagation de l'onde des marées.

On voit que le maximum de la marée, l'*étale*, dure souvent un temps notable, huit à dix minutes, par suite de l'aplatissement de la courbe à son sommet. Ce phénomène est surtout sensible dans les marées de morte eau.

Enfin, on a cherché à se rendre compte du mode de propagation de la marée, en formant des courbes, dites *cotidales*, de tous les points qui ont la pleine mer à la même heure, c'est-à-dire la projection en plan de l'arête supérieure de l'onde de marée. Ces courbes cotidales se modifient à chaque marée; mais elles repassent par les mêmes formes aux jours des syzygies, où la lune est à ses distances moyennes de la terre.

On a tracé également, au moyen de l'observation simultanée de la hauteur d'eau, en un grand nombre de points situés sur une ligne parallèle à la direction de propagation de la marée, une courbe dite *courbe instantanée*, qui est la section transversale de l'onde.

Cales de halage des arsenaux. — Le halage sur cale, opération inverse du lancement, consiste à mettre à terre le navire, en le faisant glisser sur un plan incliné. Tantôt c'est, comme dans les arsenaux, une opération accidentelle, destinée à ne pas se renouveler souvent; tantôt, au contraire, la cale de halage est affectée à des opérations fréquentes de mise à terre de bâtiments, qui ont besoin de réparations.

Le halage à terre ne s'effectue guère aujourd'hui, dans les arsenaux, que pour les navires destinés à être démolis; encore la plupart du temps les hauts sont-ils démolis à flot. Mais au moment de la création de la flotte à vapeur, on a halé sur cale un grand nombre de navires, destinés à être transformés.

On construit suivant les formes du navire, relevées aussi exactement que possible, un berceau sur couettes vives, que l'on complète en ajoutant sur de fortes traverses des ventrières, c'est-à-dire des empilages de bois, taillés suivant la forme des fonds, de chaque côté de la quille.

Pour faire le relevé des formes, nécessaire pour la construction du berceau, on peut, si on n'a pas le plan des formes, procéder de la manière suivante. On établit en dehors du navire (*pl.* 141, *fig.* 890-891), une règle parallèle au dessous-quille, à la hauteur du plat-bord, dans la partie correspondante aux ventrières; puis on promène le long de cette règle une équerre, dont on tient le grand côté vertical, et dont on fait porter l'extrémité de la branche horizontale contre le flanc du navire. La branche verticale est graduée, et pour une série de stations de l'équerre, on relève la division,

(1) Étude pratique sur les marées fluviales, et principalement sur le mascaret (Gauthier-Villars, 1881).



qui se trouve au niveau de la règle placée parallèle au dessous-quille. On obtient ainsi une série de points d'une section longitudinale AB, A'B'. En faisant le même tracé pour une section voisine CD, C'D', on a les éléments de la surface suivant laquelle les ventrières doivent être taillées, pour s'appliquer exactement sur la carène.

La cale doit être longue, afin qu'on soit sûr d'éviter le cabanement, qui se produirait si les couettes n'étaient pas suffisamment soutenues, au moment où le navire s'assied sur son berceau.

Pour éviter de fatiguer le navire on le leste, de manière à rapprocher sa différence de la pente de la cale; on le présente au-dessus du berceau, descendu sur la cale au moment où la mer est haute; on le fait asseoir soit par le jeu de la marée, soit, si on est dans un port sans marée, en les halant l'un et l'autre simultanément. Ce berceau porte comme repères de grandes règles verticales, qui font reconnaître sa position, quand il est immergé.

On fixe à l'avant des couettes de fortes traverses, sur lesquelles se fait l'effort de traction, qui doit être égal à la somme de la composante parallèle à la cale, $P \sin \theta$, du poids total du navire et de son berceau, et de la force de frottement $fP \cos \theta$. La valeur de f varie, suivant qu'on emploie au halage des câbles ou des chaînes; les câbles s'allongent jusqu'à un certain degré, sans faire marcher le berceau, et lui donnent ensuite une impulsion; ils prennent alors un mou, qu'il faut embraquer avant d'obtenir une nouvelle avance; dans ces conditions, on se rapproche du frottement au départ, et la valeur de f est 0,20. Avec les chaînes, employées pour la première fois en 1835, on a moins d'à-coups, et on peut estimer f à 0,15. Pour les vaisseaux de 100, P était égal à 2,400 tonneaux; on a trouvé pour l'effort à faire 555 tonneaux avec des chaînes, et 675 tonneaux avec des cordages.

Connaissant cet effort, et le nombre d'hommes dont on dispose, on peut calculer les dispositions à donner au reste de l'appareil. Les cabestans sont placés en tête de la cale, sur une plate-forme horizontale, construite en empilant de fortes pièces de bois; l'intervalle des empilages forme des puits, recevant les cordes ou les chaînes, qui ont passé sur les cabestans.

Les cabestans destinés à cet usage dans les ports militaires se composent d'un tambour ou *cloche* (*pl.* 141, *fig.* 892), ajusté sur un axe vertical en fer, nommé *mèche*, qui tourne entre deux plateaux horizontaux en bois, maintenus à distance constante par des supports verticaux, consolidés par des arcs-boutants obliques. Le mouvement est communiqué au cabestan par l'intermédiaire du *chapeau*, tourteau en bois claveté sur la mèche, et percé de mortaises rectangulaires, qui reçoivent les barres, sur lesquelles agissent les hommes. Quand le cabestan est placé sur le sol, il est fixé par de longs piquets en fer enfoncés dans la terre. S'il est placé sur une plate-forme en bois, on l'amarre au moyen de chaînes, passant sur des points fixes solides.

Le garant fait trois ou quatre tours sur la cloche, et l'effort d'un homme sur son extrémité libre développe un frottement suffisant pour qu'il soit entraîné, même sous l'effort maximum que peuvent donner les barres. Le brin menant du garant vient s'enrouler à la partie supérieure, tandis que le brin libre se déroule à la partie inférieure.

Si la cloche est cylindrique, les tours faits par le garant se déplacent en montant d'un mouvement continu, jusqu'à ce qu'ils atteignent le sommet. A ce moment on bosse, on dévire un peu, pour mollir le garant, dont on abaisse les tours pour reprendre le halage, jusqu'à ce que l'on soit arrêté de nouveau. Cette opération s'appelle *choquer* le cabestan; elle est une cause de retard; aussi préfère-t-on le plus souvent une cloche en forme d'hyperboloïde de révolution, sur laquelle le garant revient de lui-même dans la région moyenne, dès que la surface sur laquelle il porte est assez inclinée, pour qu'il puisse vaincre le frottement; le choc se fait automatiquement, mais d'une manière intermittente, et peut produire des secousses sinon dangereuses, au moins gênantes, qui se transmettent à tout l'appareil, et dont les hommes reçoivent le contre-coup.



Les cabestans destinés à entraîner des chaînes, portent une couronne à empreintes, ou couronne Barbotin, qui sera décrite d'une façon détaillée, lors de l'étude des cabestans des navires. Les mailles se logent dans des cases, qui épousent leur forme, et, après un demi-tour, désengrènent et tombent dans un puits.

En vue d'augmenter la puissance de ces appareils, M. le Directeur des constructions navales Corrard a imaginé des cabestans différentiels (*pl.* 142, *fig.* 893-894), munis de deux couronnes, l'une à six, l'autre à huit empreintes, de diamètres par suite différents. La chaîne entoure un rouet A fixé au berceau; ses deux bouts viennent passer l'un sur la grande couronne, l'autre sur la petite. En virant dans le sens de la flèche, la grande couronne embraque de la chaîne, pendant que la petite en fournit. Si l'effort de traction à faire est $F + F'$, le couple moteur sera :

$$\mu = FR - F'R' ;$$

tandis qu'avec le cabestan ordinaire on aurait à produire le couple :

$$\mu' = (F + F')R'.$$

En faisant décroître $R - R'$, F étant peu différent de F', on augmentera considérablement la puissance, au détriment de la vitesse.

On peut d'ailleurs, dans la première partie de l'opération, quand la poussée de l'eau allège le poids du navire, et réduit la résistance à vaincre, se servir du cabestan différentiel comme d'un cabestan ordinaire, dans lequel l'augmentation du diamètre R permet d'obtenir une vitesse plus grande. On peut ainsi échouer le navire, et le mettre complètement sur la cale, pendant l'étale de la marée.

Dans ces conditions, l'opération faite à bras durait environ trois heures; elle occupait beaucoup de monde, ce qui, à l'époque des bagnes, avait moins d'inconvénients qu'aujourd'hui.

Cales de halage permanentes. — Dans les chantiers de réparation, où des halages se font d'une manière permanente, on emploie un moteur mécanique qui, le plus souvent, est une presse hydraulique, actionnée par une pompe, conduite par une machine à vapeur.

Dans les appareils de Sir William Armstrong, la presse (*pl.* 144, *fig.* 895) porte un cylindre, dans lequel se trouve un piston A, attaché à un plongeur creux B. Un second plongeur C se meut dans le précédent. Quand il s'agit de poids modérés, on fait agir l'eau à l'intérieur du piston B, et on fait sortir le piston C. Pour des poids moyens, l'eau agit de part et d'autre du piston A, et la force obtenue dépend de la section transversale de B. Enfin pour des masses plus lourdes, on agit sur la surface A tout entière. Une transmission par chaînes et poulies communique l'action des pistons aux chaînes de halage.

Dans la plupart des appareils, la presse est parallèle à la cale; son piston sort le plus souvent vers l'avant, porte un T, qui est conjugué par deux barres à un palonnier (*pl.* 144, *fig.* 896); celui-ci est lié à une série de barres, fixées les unes aux autres, soit par des plaques de fer boulonnées, soit par des emmanchements de forme variée. Les barres ont pour longueur la course de la presse, qui est le plus souvent de 2 à 3 mètres; chaque fois que la presse est à bout de course, on l'arrête, on la fait revenir en arrière, et on supprime une barre; on reprend alors l'opération. Il est bon que la chaîne, formée par l'ensemble de ces barres, soit soutenue de distance en distance par de petits chariots roulant sur la cale.

La pente de la cale doit être modérée, pour que l'effort de traction ne soit pas trop grand, et suffisante pour que le navire puisse retourner à l'eau, sans être poussé; on peut admettre une pente



de $\frac{1}{19}$. Dans ces conditions, un effort de 200 tonnes permet de haler un poids de 1,000 tonneaux, berceau compris.

Le bâtiment est placé sur un traîneau en tôles et cornières (*pl.* 144, *fig.* 897, et *pl.* 145, *fig.* 898), formé de trois couettes longitudinales, sur lesquelles reposent des poutres transversales; il est porté par quatre files de galets en fonte, roulant sur quatre rails, deux à l'aplomb de la quille, une sous chaque couette. Des crémaillères sont fixées sur la cale, et des linguets, qui engrènent avec elles, permettent d'arrêter le berceau en toute sécurité, chaque fois qu'il faut reprendre la chaîne.

Le navire, échoué sur le chariot, est fixé au moyen de ventrières mobiles, taillées suivant ses formes, qui peuvent courir sur les poutres transversales, et que l'on fait accoster au moyen de palans, dès que le navire échoue.

Le berceau est souvent subdivisé en plusieurs chariots, attelés les uns aux autres, de manière à former la longueur nécessaire à l'échouage du navire. On évite ainsi de haler inutilement un poids mort, si le navire est court.

Des tiges mobiles à charnières, fixées au chariot dans l'axe, servent de guides pour placer le navire dans la position convenable.

Halage en travers. — Le berceau des appareils de halage que nous venons de décrire est disposé de manière à être remonté dans le sens de la longueur; dans l'appareil Labat, à Bordeaux, au contraire, il est disposé de manière à être remonté dans le sens de sa largeur. Les avantages de ce système sur l'autre sont les suivants.

Dans le halage en long, on est obligé de donner au navire une inclinaison longitudinale dépendant de celle de la cale; il en résulte, au moment de la mise à sec ou de la mise à flot, un mouvement de bascule, qui fatigue toujours le bâtiment, surtout s'il a une grande longueur. Pour cette raison, on ne donne jamais aux cales de halage en long une trop forte inclinaison; on ne dépasse jamais 6 à 7 centimètres pour 1 mètre, et, comme il faut cependant leur donner assez de longueur pour prendre le navire à son tirant d'eau et le retirer tout entier, on est entraîné généralement à un développement considérable d'avant-cale.

En remontant le bâtiment dans le sens perpendiculaire à sa longueur, le navire est placé horizontalement sur le traîneau, quelle que soit l'inclinaison du plan sur lequel s'opère le mouvement, et on n'est limité dans la pente à donner que par la considération de l'effort qu'il faudra développer pour entraîner le poids du bâtiment. La longueur de la cale se trouve donc extrêmement réduite. Ainsi dans l'appareil exécuté à Bordeaux, pour le halage à terre des paquebots transatlantiques de 3,400 tonneaux de poids au moment du halage, l'inclinaison choisie est de 30 centimètres par mètre, et une longueur de 36 mètres dans le sens de la pente suffit pour prendre un navire de $6^{m},60$ de tirant d'eau.

On comprend que, dans ces conditions, l'établissement du sol soit beaucoup plus économique pour une cale en travers que pour une cale en long; mais la plus grande économie gît surtout dans les frais d'exploitation.

En effet, si l'on veut utiliser une grande cale de halage en long pour des navires de petite dimension, il est impossible de la fractionner en raison de l'importance de ces bâtiments, et on est obligé de l'employer tout entière. Dans l'appareil Labat, au contraire, lorsqu'il s'agit de caréner un navire de dimensions ordinaires, il n'est pas nécessaire d'employer toute la longueur de la cale et toute la course du traîneau; ce dernier a été disposé de manière à pouvoir être divisé à volonté, en plusieurs portions indépendantes et fonctionnant isolément.

S'agit-il d'un navire de 25 mètres de longueur et de 2 mètres de tirant d'eau lège, on n'emploie



que le quart de l'appareil, dont la longueur totale est de 120 mètres, et on ne le descend qu'à la profondeur nécessaire. Les trois autres quarts restent libres, et peuvent être employés de la même manière, soit pour un navire de 75 mètres, soit pour plusieurs navires de moindre grandeur.

On peut donc proportionner la dépense aux dimensions du bâtiment, et tirer un bon parti de l'appareil, aussi bien avec les petits qu'avec les grands navires.

A ces avantages considérables, il faut joindre ceux qui résultent d'une plus grande facilité de manœuvre du bâtiment, lorsqu'on le présente sur la cale ou qu'on l'en retire. Voici comment cette opération s'exécute.

On descend le berceau (*pl.* 146, *fig.* 899-900) à la profondeur réclamée par le tirant d'eau du navire; on y échoue le bâtiment, dont on maintient l'assiette au moyen de ventrières à coulisses, et d'accores appartenant au traîneau. Cette opération, en partie semblable à celle qui consiste à échouer un navire sur un gril, ou sur le fond d'un bassin de carénage, s'exécute sans effort, parce que le courant, dont la direction est constamment parallèle au berceau, tend précisément à maintenir le navire dans la ligne suivant laquelle il doit être placé. En outre, le traîneau ayant la forme d'un triangle, dont le côté horizontal reçoit le bâtiment, et le côté oblique glisse sur le plan incliné, il résulte de la grande pente adoptée, que, du côté du large, on a, en dessous du plan horizontal du traîneau prolongé, une grande hauteur, qui permet de disposer les ventrières de ce côté, sous forme de vérins pouvant facilement être montés ou descendus depuis la passerelle de manœuvre. De cette manière, le mouvement du navire peut se faire latéralement; on a toute facilité pour l'entrer et le sortir, et il peut librement circuler devant, derrière et sur un côté, au-dessus de pièces qui ne seront remontées pour l'arc-bouter, que lorsqu'il aura pris sa position définitive.

La pente étant considérable, on a pu se procurer des vis d'une longueur suffisante pour faire parcourir au traîneau la course nécessaire à la mise à sec des bâtiments ordinaires.

Ces vis, au nombre de 52, disposées uniformément sur la longueur, au lieu d'agir directement sur le traîneau, sont attelées sur un compensateur, formé par un câble en fil de fer *dd*, circulant dans des réas *aa*, les uns fixés au traîneau, les autres tirés par les vis; ces seconds réas ne sont reliés aux premiers que par l'intermédiaire du câble, de sorte que ce dernier, prenant de lui-même une tension régulière, répartit également l'effort total sur chacune des vis. Les vis sont entraînées par des écrous (*pl.* 146, *fig.* 901), butant sur un palier spécial, et mis en mouvement par des engrenages.

Afin d'éviter les déformations possibles de l'attache des bâtis, sur lesquels s'opère la butée, le palier est suspendu dans tous les sens par une rotule, qui permet à l'écrou de prendre constamment de lui-même la direction exacte de la vis.

Tous les engrenages des écrous sont mis en mouvement par un même arbre de couche, qui a toute la longueur de la cale, de sorte que la vitesse de rotation est la même partout. La grande longueur de cet arbre pourrait faire craindre des efforts de torsion nuisibles au mouvement; mais il résulte de la disposition du moteur que le premier arbre, le plus rapproché de la machine, doit seul développer l'effort nécessaire pour commander la totalité des vis, et que, au fur et à mesure que l'on s'éloigne du moteur, l'effort que doit supporter l'arbre diminue en proportion de cet éloignement.

Grils et platins de carénage. — Quand on ne peut, ou ne veut pas faire les frais d'une cale de halage ou d'un bassin, on peut se servir du jeu de la marée, pour mettre à sec les navires de petite dimension à réparer. Il suffit de disposer d'un emplacement à peu près horizontal, découvrant aux basses mers, et recouvrant aux hautes mers de vive eau, d'une couche d'eau supérieure au tirant d'eau des bâtiments à y échouer.



On consolide, s'il y a lieu, cette plate-forme (*pl.* 142, *fig.* 902), au moyen de pilotis et de traverses ; on y accore le bâtiment, et on l'amarre solidement. A chaque marée, le navire tend à être soulevé ; il faut, pour éviter cela, ou le lester fortement, ou laisser l'eau pénétrer à l'intérieur ; de plus on ne peut travailler à la carène que pendant un petit nombre d'heures, la mer étant basse ; aussi l'usage des platins de carénage n'est-il commode que pour de très courtes réparations, un nettoyage, quelques feuilles de cuivre à clouer, opérations qui peuvent se faire dans une seule marée. Tout travail plus long nécessite ou l'abatage en carène, ou le halage, ou le passage au bassin.

CHAPITRE XXXVIII.

BASSINS DE RADOUB. — BATEAUX-PORTES.

Bassins. — Pour pouvoir réparer les fonds d'un navire, il est nécessaire de le mettre à sec; quoique le halage sur cale ait été employé quelquefois pour d'assez grands bâtiments, il n'est pas commode pour eux, et risque de leur faire subir des fatigues considérables; c'est pourquoi on préfère employer une forme sèche, ou bassin étanche, que l'on ferme par une porte après y avoir fait entrer le navire, et que l'on épuise avec des pompes. L'usage des bassins ne remonte pas très haut, et ce n'est que depuis que l'on est parvenu à rendre faciles les fondations à la mer, que la construction d'un grand nombre de bassins a eu lieu.

Le plus ancien bassin de nos arsenaux fut commencé à Rochefort en 1663 et terminé en 1728. A Brest, on creusa de 1683 à 1687 la forme dite *de Brest*, puis en 1769 le groupe de quatre bassins, qui y existe encore; en 1774, Groignard vainquit les difficultés, considérées jusqu'alors comme insurmontables, de l'établissement d'un bassin dans un port sans marée, en construisant, sur un radeau formé de pièces de mâture et de barriques, un vaste caisson en charpente, qu'il coula ensuite, et dans lequel il établit la maçonnerie du bassin n° 1 de la darse Vauban, à Toulon.

A cette époque, par suite des difficultés que l'on rencontrait à rendre les bassins étanches, on tenait à ce que le radier découvrît à la plupart des marées, afin de pouvoir rejeter au dehors, sans travail, l'eau qui s'y introduisait. Les bassins étaient fermés par des portes à charnières, dont le jeu était entravé par des dépôts de vase, si le radoub du vaisseau, placé dans le bassin, était de longue durée, et surtout si le niveau du radier était placé bas. Aujourd'hui, au contraire, on cherche à abaisser le radier autant que possible, afin de pouvoir faire entrer les navires à fort tirant d'eau à un grand nombre de marées.

La construction des bassins ne fait pas partie de notre programme. Nous nous contenterons de dire que les terrains fermes et surtout le roc, quand il n'est pas fissuré (Cherbourg, Rio-de-Janeiro), sont particulièrement avantageux, pour obtenir des bassins bien étanches. Quand le terrain environnant est meuble, on le recouvre d'un parement en pierre de taille, en briques (Anvers), et souvent en Angleterre on se contente de bois. Au bord des quais des bassins, on établit une hiloire en fonte ou en bois, garnie de nombreuses boucles, quelquefois un garde-corps en fil de fer, sur chandeliers à charnière, enfin, de distance en distance, des bittes d'amarrage et des cabestans le plus souvent en fonte, afin qu'ils puissent rester sans inconvénient exposés aux intempéries. Les murailles latérales sont inclinées, pour réduire la quantité d'eau à épuiser; elles forment des gradins, sur lesquels se fait l'accorage, et des escaliers sont ménagés de distance en distance, à moins que les gradins ne soient assez nombreux pour en tenir lieu.

Dans les terrains perméables, ou traversés par des sources, la construction des bassins offre de grandes difficultés. Les derniers bassins creusés à Toulon dans la darse Missiessy sont un exemple remarquable de ce genre de travail. Rajeunissant le procédé de Groignard, M. Hersent a construit d'immenses caissons en tôles et cornières (*pl.* 145, *fig.* 903), qui, une fois lancés, ont été conduits et échoués aux emplacements fixés pour la construction des formes. La partie inférieure a été lestée par de la maçonnerie, puis le radier et les murs ont été construits à l'intérieur. Un enfoncement graduel a amené le bassin à sa profondeur définitive, et il n'a plus été nécessaire que d'ouvrir une porte réservée du côté de l'entrée, pour terminer la construction. Ces bassins ont $129^{m},40$ de long sur $26^{m},21$ au radier, et $34^{m},80$ d'ouverture supérieure.

Le fond du bassin est le plus souvent légèrement concave; une rigole centrale reçoit les infiltrations d'eau, et les envoie dans un puits latéral, communiquant avec les pompes d'épuisement. Le fond a une légère pente du côté de l'entrée, pour réduire la fatigue de l'étambot lors de l'échouage; de mètre en mètre sont ménagés des encastrements, dans lesquels sont fixées des traverses, sur lesquelles reposent les tains. On pratique souvent, au point où repose l'étambot, une fosse d'assez grande dimension, destinée à permettre de faire descendre verticalement le gouvernail et de dégager la mèche du navire, sans la déclaveter du safran.

L'eau est introduite par des canaux munis de vannes, traversant les bajoyers de l'entrée, et par des vannes pratiquées dans la porte. Des pompes à vapeur sont placées dans le voisinage; souvent les bassins sont réunis en groupe, et un seul appareil d'épuisement les dessert.

Nous réunissons dans les tableaux ci-après (p. 324, 325) les principales dimensions des bassins de radoub des ports français, et de leurs appareils d'épuisement.

Bassins temporaires. — On peut avoir quelquefois besoin de bassins temporaires, pour radouber un petit bâtiment; on peut s'en procurer facilement un, comme l'a fait M. l'ingénieur de la marine Verny, à Ning-Po, en faisant une excavation, dont les murailles sont retenues par quelques madriers, et dont l'ouverture est fermée, après l'entrée du navire, par un batardeau formé de terre battue entre des planches.

Travail à fournir pour l'épuisement. — Si l'on construit l'échelle de solidité d'un bassin (*pl.* 145, *fig.* 904), on trouve une courbe AB différant peu d'une ligne droite. La courbe des surfaces des flottaisons CD, courbe différentielle de AB, donne la section du plan d'eau à chaque hauteur. En multipliant chacune des longueurs mp, par la distance au niveau supérieur de la mer md, on obtient des produits $mp \times md$, dont la sommation donne le travail total à réaliser. Les produits $mp \times md = mq$, portés sur chaque flottaison, représentent le travail à développer a chaque instant; sa variation est indiquée par la courbe dup. On voit que, quand le bassin doit être épuisé en entier, le travail, très faible d'abord, croît rapidement, puis moins vite, l'accroissement de profondeur étant en partie compensé par la diminution de la surface.

Quand un navire est placé dans la forme, tant qu'il n'est pas échoué, la surface d'épuisement est celle de la forme, diminuée de la flottaison du navire; à partir de ce moment, la surface d'épuisement est celle de la forme, diminuée des flottaisons successives du navire; on obtiendra donc la ligne $D_1\ t_1$ C au lieu de DC, et en faisant le même calcul que plus haut on trouvera une nouvelle courbe du travail drp, variable suivant le navire considéré.

Il est évidemment avantageux de réduire le travail d'épuisement, en laissant écouler l'eau de l'intérieur à l'extérieur par l'effet du jusant. Le plus souvent, les portes des bassins sont disposées pour résister uniquement à des efforts dirigés de l'extérieur vers l'intérieur : il convient par suite de commencer l'épuisement dès que la porte est échouée, afin de la faire appliquer exactement



Dimensions prin[…]

	TOULON.							
	VAUBAN.			CASTIGNEAU.			MISSIESSY.	
	1	2	3	1	2	3	1	[illegible]
Longueur maxima	70,92	73,89	86,76	98,87	116,70	162,00	129.40	[illegible]
Largeur	20,60	21,10	21,56	26,40	26,32	25,20	34,80	3[…]
Tirant d'eau sur radier	5,91	6,27	7,63	8,73	9,04	9,00	9,95	[illegible]
Cube total d'eau	5800	8000	13000	18336	23562	30000	40000	[illegible]
Longueur du portant sur terre	69,98	72,80	85,38	90,30	110,75	157,00	112,00	11[…]
Pente de la face supérieure des tains	0,0124	0,015	0,0136	0,014	0,011	0,0077	0,0035	0,0[…]
Nombre de cylindres		2			2		4	
Diamètre		0,60			0,75		2 de 0,55 2 de 0,31	2 d[…] 2 d[…]
Course		1,30			1,20		0,51	0,[…]
Introduction					0,1 à 0,6		1,00 dans le petit cylindre.	1,00 d[…] petit cy[…]
Nombre de tours		35			25		150 à 210	150
Nombre de chaudières employées normalement								
Pression		4^{kg}			4^{kg}		4^{kg}	[illegible]
Surface de grille		1,50 (1 ch.)			1,76 (1 ch.)		1,76	1,[…]
Corps à simple effet		8			8		Turbines.	
Diamètre		0,50			1,20		Aspiration... 0,5[…] Refoulement. 0,4[…]	
Course		0,70			0,60		Diamètre du disque	
Nombre de coups par minute		35			25		210	
Temps nécessaire pour l'épuisement	6^h	6^h	10^h	2^h40^m	3^h15	4^h25	6^h	

	CHERBOURG.							
	NORD.				SUD.		OUEST.	[illegible]
	1	2	3	4	5	6	7	
Longueur maxima	104,00	114,30	114,30	104,00	145,50	151,31	78,40	[illegible]
Largeur	19,852	19,852	19,852	19,852	36,60	19,724	18,66	
Tirant d'eau sur radier	9,90	9,90	9,90	9,90	12,95	8,90	6,11	
Cube total d'eau	21796	24005	24005	21796	57000	30570	8476	
Longueur du portant sur terre	91,25	101,25	101,25	91,25	138	140,45	72,75	
Pente de la face supérieure des tains	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,006	0,01	0,[…]
Nombre de cylindres	2	2	2	2	2		1	
Diamètre	0,60	0,60	0,60	0,60	Adm. 0,460 Dét. 0,680		0,326	[illegible]
Course	1,20	1,20	1,20	1,20	0,680		1,225	[illegible]
Introduction	0,5	0,5	0,5	0,5	Adm. 0,40 Dét. 0,60		0,67	
Nombre de tours	38 à 42	38 à 42	38 à 42	38 à 42	105 à 135		30 à 35	
Nombre de chaudières employées normalement					4			
Pression	5^{kg}	5^{kg}	5^{kg}	5^{kg}	5^{kg}		4^{kg}	
Surface de grille	6,36	6,36	6,36	6,36	8,48		1,50	
Corps à simple effet	8	8	8	8	Turbine $d=1,20$ Turbine $d=1,60$		4	
Diamètre	1,25	1,25	1,25	1,25			0,60	
Course	1,50	1,50	1,50	1,50			0,94	
Nombre de coups par minute	13	13	13	13	210 à 270		16	
Temps nécessaire pour l'épuisement	3 à 4^h	3 à 4^h	3 à 4^h	3 à 4^h	6 à 7^h		5 à 6^h	5 à[…]

s de radoub.

HEFORT.		LORIENT.		BREST.								
				RECOUVRANCE.				BREST.	SALOU.			
2	3	1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
86,81	124,80	121,40	154,55	86,90	78,80	76,80	83,25	110,15	68,15	121,40	98,80	97,45
29,60	25,60	22,24	35,82	22,80	22,65	22,94	22,73	25,64	20,60	33,93	33,93	25,97
5,38	8,10	7,10	9,80	8,00	7,68	5,46	5,66	11,30	5,28	10,60	11,30	11,30
9118	20048	21016	45042	10320	8210	6080	6000	22350	5850	29120	24700	18330
72,83	114,84	111,12	140,00	80,40	69.65	73,80	72.65	103,00	60.15	114,10	91,70	79,40
Horiz.	0,010	0,005	0,005	0,01	0,0165	0,012	0,013	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Communique avec le n° 1.	1	Communique avec le n° 2.	2	2	Placé à la suite du n° 1, est épuisé par le même appareil.	Se vide par la marée.	Se vide par la marée.	2	Communique avec 9.	2	Placé à la suite de 7.	Épuisé par la même machine.
	0,415		0,60	0,400				0,65		0,65		
	0,800		1,20	0,900				0,900		0,900		
				0,822				0,829		0,813		
	53		50	38				38		38		
				1				2		3		
	$3^{kg}500$		5^{kg}	$4^{kg},5$				$4^{kg},5$		$4^{kg},5$		
	0,8692		8,323	1,79				3,58		5,38		
	2		8	4				4		4		
	0,900		1,20	0,850				1,30		1,30		
	0,800		1,50	1,50				1,50		1,50		
	27,5		15,62	10,13				10,13		10,13		
	6^{h}		4^{h}	4^{h}	6^{h} 1 et 3 réunis			5 à 6^{h}		8^{h}	7^{h}	6^{h}

SEILLE.		BORDEAUX.				SAINT-NAZAIRE.			LE HAVRE.				
									GRANDES FORMES de l'Eure.		CITADELLE.		
2	3	BASSIN de Queyries.	BASSIN des Docks.	DOCK flottant du Queyries.	CALE de halage Labat.	1	2	3			1	2	3
110,00	90,00	56,00	150,00	62,00	120,00	140,00	120,00	150,00	166,00		55,00	65,5	81,80
25,50	19,00	16,40	25,00	Ouvert aux extrémites 14,00	37,00	25	13	18	34,52 31,00		14,7 10,50	16,5 12,50	19,5 (1) 15,50
7,00	7,00	3,20	10,50	3,20	7,60	9	5,50	9,00	9,00		6,00	6,50	7,00
18000	10000	900	21000	1430	»	30000	10000	28000	41 137		3731	5700	9050
97,00	77,00	56,00	150.00	»	120.00	115	115	145	137,8		43,5	53,20	68
0,01	0,01	0,02	0,01	Variable.	»	0,00	0,0035	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
4		1	2	2	2		2		1 turbine.	2 pompes.		4	
0,34		0,32	0,54	0,25	0,55		0,700		0,55	0,45		0,36	
0,60													
		0,06	0,094	»	»		0,4 à 1,00		0,20	Pleine.		Pleine.	
0 à 90		180	30	50	53		50		62	45		80	
6,00													
$3^{kg}500$		5^{kg}	5^{kg}	4^{kg}	$4^{kg}50$		5^{kg}		5^{kg} 1/4	5^{kg} 1/4		5^{kg}	
12,00		1,50	7,20	0,40	4,60		4,20		1,89	1,89		0,65	
urbines Diam.		1 turbine.	4 turbines.	1 turbine. 1 pompe.					2 turbines	doub. effet 8		4	
disque 0,25		0,50	2 de 0,60 2 de 0,40	0,60 Pompe ord. 0,80						0,50		0,75	
0 à 360		540	90							1,50 7,5		1,00 10	
$2^{h}25$	$1^{h}20$	$2^{h}30$	5^{h}	6^{h}	6^{h}	8^{h}	$2^{h}30^{m}$	7^{h}	avec les turbines 1^{h}		30^{m}	$1^{h}30^{m}$	$2^{h}30^{m}$

r des écluses au niveau des plus hautes marées.

sur ses heurtoirs, et d'obtenir l'étanchéité. La rapidité de l'épuisement doit être modérée, au moins pour les navires en bois, afin que ceux-ci, moins rigides que les bâtiments en fer, puissent être accorés au fur et à mesure qu'ils déjaugent, et ne subissent pas trop de fatigue.

Chantier d'arc. — Avant de faire entrer un navire au bassin, on doit mesurer son arc, pour établir son chantier. On commence par vérifier l'état de la quille, en l'envoyant visiter par un plongeur, qui s'assure si elle n'a pas subi de dégradation importante en altérant la forme, si aucune pièce de fausse-quille n'a été arrachée. Puis on fait passer sous le navire un cadre rectangulaire en charpente (*pl.* 145, *fig.* 905), consolidé par des écharpes, que l'on fait accoster sous la fausse-quille, en le soutenant au moyen de deux chalands ; on le manœuvre en maintenant les côtés verticaux, de manière à lire la même division à fleur d'eau sur chacun des côtés, dont les graduations partent de AB, et on obtient le tirant d'eau du navire en un endroit. En répétant cette opération en divers points, on obtient la courbure de la quille. Il importe de faire attention que la fausse-quille peut être arrachée sur une certaine longueur, et que dans ce cas, on doit obtenir (*pl.* 144, *fig.* 906) une ligne discontinue *abcdef*, et non une ligne continue *abef*. Si on faisait le chantier d'après cette dernière, le bâtiment porterait mal sur les tains.

Quand l'arc ne dépasse pas 2 ou 3 centimètres, il vaut mieux tenir le chantier droit ; la mesure de l'arc n'étant jamais d'une précision absolue, on serait exposé à arquer un navire, dont la quille serait droite. Dans tous les cas il vaut mieux donner au chantier un arc légèrement inférieur à celui qu'on a relevé (1).

Les tains sont confectionnés en bois dur et fondrier ; la pièce inférieure est fixée à la maçonnerie ; les autres lui sont reliées par des gardes ou des clous en barbette. Pour diminuer la fatigue de l'échouage, on donne à la surface supérieure des tains une légère pente, de 1 centimètre par mètre environ, dirigée vers la porte ; si la pente était trop forte, les tains seraient exposés au cabanement. Enfin quand on fait entrer un navire en bois, on place, avant l'entrée, des feuilles de cuivre à doublage sur les tains, afin de n'avoir pas à les retirer pour redoubler la fausse quille.

Si le navire n'a pas d'étambot arrière, il convient que le pivotement se fasse autour du pied de l'étambot ; on doit donc ne pas mettre de tains sous la cage, de crainte de fatiguer l'armature ou le prolongement de la quille.

Ventrières mobiles. — Le bâtiment est soutenu dès qu'il échoue, au moyen de ventrières mobiles, destinées à supporter le poids considérable de la machine et des chaudières. Ces ventrières (*pl.* 147, *fig.* 907) se composent d'un billot inférieur AB, d'une pièce M, taillée suivant les formes extérieures de la carène, à l'endroit où elle doit venir s'appliquer, et maintenue au-dessus de AB par des billots tenus par des gardes. Les ventrières peuvent coulisser transversalement par l'action de palans (*pl.* 147, *fig.* 908-909), crochés sur les deux ventrières symétriques, dont les garants passent sous la quille, et viennent sur le quai du bassin en G. Les ventrières sont démontées, une fois l'accorage terminé, afin que l'on puisse travailler dans les fonds.

Tous les bâtiments de la marine, lors de leur armement, doivent recevoir un plan des formes sous les chaudières et les machines, destiné à permettre l'exécution des ventrières dans un port étranger.

La confection des chantiers d'arc et des ventrières exige que le bassin soit à sec, et par conséquent, à moins qu'on ne puisse se servir des tains occupés par le navire précédent, un épuisement à

(1) Circulaire du 30 octobre 1865.

blanc est nécessaire. Aujourd'hui, les navires en fer, très rigides, peuvent être échoués sur un chantier droit, et les ventrières peuvent être confectionnées et disposées, pendant qu'un navire est dans la forme ; l'épuisement à blanc devient donc souvent inutile.

Entrée du navire. — Le navire est amené dans la forme par les soins du personnel des Mouvements du Port ; il est aussitôt tenu par quatre palans (*pl.* 147, *fig.* 910), deux sur l'avant, deux sur l'arrière, et des amarres ; au moyen des palans, on fait coïncider son axe avec celui des tains, on place son avant et son arrière à la position convenable. De grandes règles verticales (*pl.* 147, *fig.* 911), disposées sur les quais du bassin et sur la porte, donnent la position à laquelle on doit amener son axe et ses perpendiculaires. Pour faciliter la manœuvre, il convient, s'il fait grande brise, de dépasser les mâts de perroquet, ou même de caler les mâts de hune. La porte est mise en place, et, suivant le cas, on laisse, ou on fait, par le jeu des pompes, descendre le niveau intérieur.

Clefs. — Au moment où le navire échoue, sa stabilité pourrait être insuffisante, s'il n'était soutenu latéralement au moyen d'arcs-boutants appelés *clefs*. Les clefs sont de forts espars en pin ou en sapin, qui reposent à une extrémité sur un chevalet en bois mobile (*pl.* 147, *fig.* 912), amarré au bord du bassin. Du côté du navire, elles portent soit sur un taquet cloué, si la coque est en bois, soit sur un can de bordage en fer ; les clefs ont une différence de hauteur de $0^m,20$ entre leurs bouts, celui qui porte sur le navire étant le plus élevé, afin qu'elles se dégagent facilement, quand on fait flotter le navire ; celui-ci peut à ce moment avoir une stabilité insuffisante : aussi doit-on conserver les clefs jusqu'à ce qu'il ne touche plus de l'arrière. Les clefs des extrémités (*pl.* 148, *fig.* 913), qui portent sur l'étrave et l'étambot, sont quelquefois installées avec des crics, qui permettent d'égaliser facilement leurs longueurs, pour tenir le navire exactement dans l'axe du bassin.

La longueur des clefs doit etre calculée à l'avance, en tenant compte des positions relatives des flancs du bâtiment et des murs du bassin. Pour cela, on prend (*pl.* 148, *fig.* 914) la hauteur d'eau à la perpendiculaire avant ac, on y ajoute la hauteur au-dessus de l'eau du chevalet placé sur le mur du quai, et la différence de hauteur des deux extrémités de la clef ; on en retranche la différence entre la hauteur d'eau ac et le tirant d'eau avant ab, et on obtient la hauteur bm, à partir du dessous-quille, du point m de portage de la première clef ; on détermine de même pour l'arrière $b'm'$. On divise la différence $b'm' - bm$ en autant de parties, qu'il y a d'intervalles de clefs, et on obtient les hauteurs à partir du dessous-quille des aboutissements de toutes les clefs. Il suffit de mesurer les demi-largeurs du navire, prises en m', m_1, m_2..., et de les retrancher des demi-largeurs du bassin, prises à la hauteur des clefs, pour avoir la longueur à leur donner. On interpose entre le bout de la clef et le mur du bassin une ou plusieurs languettes.

Dès que l'étambot porte, on coince les clefs de l'arrière ; puis aussitôt que par son pivotement autour de l'étambot le navire repose sur toute la longueur de la quille, on coince simultanément toutes les clefs ; des hommes munis de masses sont placés à chacune d'elles, prêts à agir au commandement. Un peu auparavant, un scaphandrier a visité le dessous de la quille, s'est assuré qu'aucun corps etranger, aucun débris de bois, collé par la poussée de l'eau, ne l'empêchera de porter exactement ; au moment où le navire échoue, il la visite de nouveau, et chasse des coins lestés de plomb sous les endroits qui n'appuieraient pas exactement sur les tains.

Immédiatement après, les ventrières sont conduites par les palans sous le navire, qui, s'il est en fer, et n'a pas de gros poids dans les hauts, peut être considéré comme suffisamment soutenu, surtout si son séjour au bassin ne doit pas être prolongé.

Si le navire échoue mal, en dehors des tains par exemple, rien n'est plus facile dans un



port sans marée que de laisser rentrer l'eau, et de reprendre l'opération. Dans un port à marée, il faut attendre la marée suivante, et pendant ce temps conserver de l'eau dans le bassin ; pour pouvoir le faire, il faut que la porte puisse résister à des efforts intérieurs aussi bien qu'extérieurs, et qu'elle appuie non contre un simple heurtoir, mais contre une rainure, dans laquelle on puisse la coincer.

Quand le bâtiment est en bois, on évite sa déformation (*pl.* 148, *fig.* 915) au moyen de plusieurs rangées d'accores, dont le pied repose sur les banquettes. Avant que celles-ci ne déjaugent, on mesure au moyen de règles à coulisse (*pl.* 148, *fig.* 916) la longueur à donner à l'accore ; un doigt mobile mesure l'équerrage de la tête. L'accore est immédiatement taillé, et aussitôt que la banquette découvre, on le met en place, en le forçant au pied par des coins.

Les accores des hauts butent contre des taquets cloués, ou de préférence contre les saillies naturelles de la coque, plan incliné des ancres, parties en porte-à-faux de l'arrière, culs de lampes des tourelles, cans de bordages en fer, etc.; dans les fonds, ils sont normaux à la carène.

Pour un grand navire en bois, on place cinq, et même quelquefois six rangées d'accores ; on peut réduire ce nombre à trois pour un grand navire en fer ; les navires du commerce sont presque uniquement soutenus par les clefs et les ventrières. Il est d'usage de soulager autant que possible le navire, en amenant au fond du bassin les ancres.

Fermeture des bassins. — Les fermetures de bassin se faisaient à l'origine avec des portes busquées à charnière, analogues à celles des écluses ; ces portes doubles butaient et contre le heurtoir du bassin à fermer, et l'une contre l'autre, et étaient assurées en place par des palans ; tous les contacts étaient garnis de paillets suiffés. Bien que, dans les bassins où elles étaient employées, le radier découvrît toujours, elles étaient néanmoins difficiles à mouvoir, et surtout très difficiles à fermer assez exactement, pour que l'on fût suffisamment garanti contre des infiltrations exagérées (1).

Lorsque les bassins sont devenus assez profonds pour que le radier ne découvrît plus, ces inconvénients se sont accentués au point que l'on a dû le plus souvent renoncer aux portes à charnière. On comprend en effet que la vase, qui tendait à s'accumuler contre les portes, pouvait en rendre la manœuvre absolument impossible, si le bassin restait fermé pendant un temps un peu long. Ainsi que cela est constaté dans l'Encyclopédie méthodique de marine (édition de 1783, t. Ier, p. 123), à l'article *Bassin*, on remplaça bientôt les portes busquées par un bateau-porte, pouvant venir, en flottant, se placer à l'endroit où se termine le bassin.

« Alors en ouvrant des robinets, qui introduisent de l'eau dans l'intérieur du bateau, ou de toute autre manière, on le fait couler, de sorte que ses extrémités figurées en languettes, et garnies d'une matière compressible, comme d'une étoffe de laine fort épaisse, nommée *frise*, enduite de suif, entrent dans des rainures, pratiquées aux deux côtés du bassin.

« . . . .

« Il (le fond du bateau) est garni de même de languettes, qui correspondent à celles des extrémités, et se logent dans des coulisses correspondantes aussi aux premières, et pratiquées dans le fond du bassin. »

Lorsque le niveau de l'eau baisse dans le bassin, « la pression extérieure devient la plus

(1) Malgré les inconvénients que nous signalons, on préfère souvent dans les ports de commerce les portes à charnière aux bateaux-portes ; elles n'exigent ni l'espace considérable, ni les amarres gênantes et le personnel spécial nécessaire pour manœuvrer une porte flottante. Les navires du commerce restant le plus souvent peu de temps au bassin, l'insuffisance d'étanchéité a de moindres inconvénients que pour les bassins des arsenaux.



forte, les languettes du bateau-porte appuient contre les parois des rainures ou coulisses, et la communication est interceptée »...

Telles furent les données sur lesquelles furent construits les premiers bateaux-portes.

Bateau-porte Daviel. — Pour en donner un exemple, et faire mieux comprendre le fonctionnement de ces sortes d'engins, nous allons parler avec quelques détails du bateau-porte en bois, qui ferme encore aujourd'hui la forme sud du port militaire de Cherbourg, dite forme Cachin (*pl.* 149, *fig.* 917), située entre les deux cales couvertes, bateau qui, quoique construit postérieurement à l'année 1850, n'est que la reproduction, avec quelques améliorations de détail, de celui qui a fonctionné depuis que la forme existe, c'est-à-dire depuis le commencement du siècle.

Ce bateau est de forme prismatique; sa largeur uniforme est de $6^m,20$, sa section longitudinale a la forme d'un trapèze, ayant $17^m,40$ et $20^m,24$ de longueur de bases; sa hauteur est de $8^m,75$; il est divisé sur sa hauteur en trois compartiments distincts, par des ponts superposés; il a trois quilles. Son poids est en nombres ronds de 265 tonneaux, dont le centre de gravité est situé à environ $3^m,10$ au-dessus du dessous-quille. La hauteur du centre de carène du bateau, c'est-à-dire du centre de gravité de l'eau déplacée par la coque, se trouve être d'environ $1^m,30$. La hauteur du métacentre latitudinal est d'environ $1^m,45$ au-dessus du centre de carène; ce point est donc situé à $0^m,35$ au-dessous du centre de gravité; et par suite le bateau-porte ne peut se tenir droit pour la flottaison parallèle à la quille, déterminée par le tirant d'eau $2^m,28$, correspondant au déplacement de 265 tonneaux. De là résulte la nécessité de lester un bateau de ce genre, pour qu'il puisse fonctionner; mais de là résulte aussi une propriété assez précieuse : c'est que, tous les orifices qui conduisent à l'intérieur étant hermétiquement clos, le bateau-porte est obligé de se coucher, pour trouver une position d'équilibre stable; ce qui permet, en le faisant flotter ainsi, d'accéder à flot à un point quelconque de sa surface extérieure, et d'y faire au besoin toutes les opérations courantes d'entretien de la coque, des paillets, des buses, des robinets, etc...

On tenait d'autant plus à l'origine à cette propriété, que chaque port militaire ne possédait généralement qu'un ou deux bassins au plus, et que par conséquent la réparation des bateaux-portes n'aurait pu se faire dans un bassin qu'en gênant le service.

Le bateau-porte, dont nous nous occupons, ne pouvant flotter droit dans les conditions qui viennent d'être indiquées, on y introduit une certaine quantité d'eau, comme étant le lest le plus facile à manœuvrer. Cette eau, dont le poids s'élève à environ 160 tonneaux, est renfermée dans le caisson inférieur, et maintenue au roulis par le pont le plus bas, afin de pouvoir effectivement servir de lest. Le centre de gravité des poids du bateau et de l'eau réunis est placé à environ $2^m,55$ au-dessus du dessous-quille.

La hauteur correspondante du centre de carène au-dessus du dessous-quille est d'environ 2 mètres, et celle du métacentre latitudinal au-dessus du centre de carène de $0^m,90$; d'où il suit que ce point est situé à $2^m,90$ au-dessus du dessous-quille, et par suite à $2^m,90 - 2^m,55 = 0^m,35$ au-dessus du centre de gravité. On obtient ainsi, moyennant ces 160 tonneaux d'eau, une position verticale d'équilibre stable pour le bateau-porte.

La stabilité correspondante à la hauteur de $0^m,35$ serait très probablement suffisante; mais, comme il faut prévoir pour la manœuvre sur le pont supérieur des hommes, qui, par leur poids et leurs mouvements non réglés, peuvent diminuer cette stabilité, on a jugé prudent d'augmenter cette hauteur de $0^m,35$, et de la porter à $0^m,70$, par l'addition sur tout le pourtour d'un bordage haut de $0^m,35$ et épais de $0^m,20$, au-dessus et au-dessous de la flottaison qui correspond au cas du bateau lesté de

ses 160 tonneaux d'eau, flottaison située à 3^{m},80 en nombres ronds au-dessus du dessous-quille, soit à 0^{m},85 environ au-dessus du pont du caisson inférieur.

Cette flottaison, dans le bateau-porte de la forme Cachin, correspond à peu près, quand il est échoué, au niveau des basses mers de mortes eaux extraordinaires observées, et se trouve environ à 0^{m},45 au-dessous du niveau moyen des marées.

Lorsque le bateau-porte flotte, il est évident qu'une fois qu'il est amené dans l'écluse du bassin, et appliqué contre les heurtoirs des bajoyers, il suffit d'ouvrir à mer haute la bonde inférieure du caisson inférieur, pour que l'eau s'élève dans le caisson milieu par les trous de communication, et fasse couler la porte, qui restera ensuite échouée, quels que soient les mouvements de la marée, si le robinet de vidange des caisses milieu dans le bassin est maintenu fermé.

Réciproquement, la bonde étant fermée, et le robinet, ouvert à marée basse, ayant permis au caisson milieu de se vider dans le bassin, il suffira que la mer s'élève d'environ 3^{m},80 au-dessus du radier de l'écluse, pour que le bateau se décolle et commence à flotter, en supposant, ce qu'il est toujours possible de réaliser, que les buses, qui amènent l'eau extérieure à travers la porte dans le bassin, soient assez grandes, pour que le niveau de la mer soit le même intérieurement et extérieurement. Si, comme cela a lieu pour la porte que nous considérons, la hauteur de 3^{m},80 est suffisamment dépassée, quelque petite que soit la marée haute, on voit qu'on sera dans de bonnes conditions, pour que la manœuvre de la porte, l'ouverture du bassin et sa fermeture puissent toujours être faites en temps opportun pour le service. La manœuvre ci-dessus indiquée ne serait en défaut que dans un seul cas, celui où les mortes eaux extraordinaires atteindraient précisément les proportions figurées sur le croquis. Il y a lieu d'abord de remarquer que les mortes eaux dessinées, pour lesquelles la différence entre la basse mer et la haute mer ne serait que de 0^{m},82, ne se présentent que tout à fait exceptionnellement; l'on en serait quitte alors, soit pour remettre l'opération à des marées plus favorables, soit pour fonctionner à une flottaison un peu plus basse que 3^{m},80, en maintenant un peu moins d'eau de lest dans le bateau.

Le genre de bateau que nous venons de décrire pour un port à marée, fonctionne également bien dans un port sans marée, sans donner lieu à des changements essentiels dans la construction. La flottaison lège, si l'on suppose la porte coulée, ne devra être éloignée du niveau des basses eaux extérieures, que de la quantité nécessaire pour qu'en flottant, elle puisse se dégager de ses rainures; mais ce qui différencie surtout les opérations dans les ports sans marée, c'est que la quantité d'eau, destinée à couler le bateau-porte, ne pourra être préalablement évacuée dans le bassin, pour que le bateau puisse se lever par l'effet seul de la marée, comme cela a lieu dans les ports de l'Océan, et que cette quantité devra être, au moment de l'ouverture du bassin, rejetée à la mer par des pompes spéciales, lorsque le niveau intérieur aura atteint le niveau extérieur. Si en effet on vidait dans ce cas la porte dans le bassin, comme dans un port à marée, ce qui ne pourrait se faire qu'avant que le niveau intérieur eût atteint les robinets de vidange, dès que l'eau introduite dans le bassin produirait une poussée, qui jointe à la poussée extérieure donnât une somme supérieure au poids de la porte et à son adhérence, elle se décollerait subitement, ce qui pourrait donner lieu aux accidents les plus compromettants et pour elle-même, et pour le navire placé dans le bassin, qui serait brusquement soulevé par l'irruption de l'eau extérieure, avant d'avoir pu flotter.

Le système de porte que nous venons d'étudier, et auquel on peut donner le nom de bateau-porte Daviel, du nom du directeur des constructions navales qui lui a apporté tous ses perfectionnements, résout donc complètement la question de la fermeture des écluses de bassin. Mais on ne peut se dissimuler que cette solution générale n'est obtenue qu'au prix d'un volume énorme de



charpente, beaucoup plus considérable qu'il n'est nécessaire pour la résistance du bateau aux efforts de poussée, exercés par l'eau extérieure lorsque le bassin est vide.

Bateau-porte Pestel. — Cette solution était donc fort chère, bien qu'il n'entrât que des bois droits dans la construction du bateau. Aussi dès l'année 1822, M. Pestel, directeur des constructions navales, imagina-t-il d'employer pour la fermeture des écluses des bassins une porte à flotteurs, c'est-à-dire une porte analogue aux portes busquées, mais d'un seul vantail, et faisant corps avec deux flotteurs destinés à la porter, réalisant ainsi pratiquement cette idée, que l'on trouve déjà en germe à l'article *Forme* (p. 455 du t. II de l'Encyclopédie de marine, déjà citée) : « Mais qui empêcherait d'avoir un seul vantail bien busqué, bien solidement construit, suspendu verticalement à un ponton, gabarié convenablement dans l'extrémité, qui le porterait? »

Dans la porte à flotteurs du système Pestel (*pl.* 149, *fig.* 918-919), il y a deux flotteurs indépendants l'un de l'autre, l'un intérieur au bassin, l'autre extérieur. La largeur de l'ensemble à la flottaison ne diffère pas beaucoup de celle du bateau-porte Daviel, en sorte qu'on peut aussi définir la porte Pestel, en disant que comme configuration extérieure, elle résulte du bateau-porte Daviel, dont on aurait retranché symétriquement en haut et en bas, de l'avant à l'arrière, d'un côté et de l'autre, tout le volume inutile à la résistance même de la fermeture, en ne laissant que les capacités nécessaires pour faire flotter verticalement le système. Mais alors, suivant qu'on aura affaire à un port à marée ou à un port sans marée, les volumes non retranchés, composant les flotteurs, se trouveront soit en bas, soit en haut de la porte.

La position des flotteurs est déterminée par celle de la flottaison lège du bateau-porte, qui doit être située au-dessous des basses mers auxquelles la porte doit s'ouvrir, de la quantité nécessaire pour la dégager des rainures. Dans un port sans marée les basses eaux, aussi bien que les hautes eaux, se trouveront à peu de distance du sommet de la porte; il en sera par suite de même de la flottaison lège et des flotteurs.

Dans un port à marée, la flottaison lège devra être au-dessous du plus grand nombre des basses mers; elle sera donc située d'autant plus bas, que les marées seront plus accentuées dans le port que l'on considère, et que le nombre des marées auxquelles on veut pouvoir ouvrir sera plus grand; les flotteurs seront donc placés d'autant plus bas. La porte n'ouvrira d'ailleurs que si la haute mer est assez élevée pour la dégager des rainures.

Comme pour le bateau-porte Daviel, l'eau destinée, par son admission dans les flotteurs, à couler l'appareil, doit être rejetée au dehors par des pompes dans les ports sans marée, tandis qu'elle est simplement évacuée dans le bassin, à travers la porte proprement dite et le flotteur intérieur, dans les ports à marée.

On comprend aisément que le poids du système Pestel, et par suite le coût, est bien inférieur à celui du système Daviel. Pour les portes à flotteurs en bois des ports de Lorient (1) et de Toulon, dont les croquis sont donnés (*pl.* 149, *fig.* 918-919), le poids du système est environ moitié de celui du bateau-porte de la forme Cachin de Cherbourg. Mais, si ces portes à flotteurs ont un avantage sérieux au point de vue économique, elles présentent aussi un double inconvénient : c'est d'abord qu'elles diminuent la longueur utile du bassin de toute la saillie du flotteur intérieur, inconvénient sans importance à l'origine, lorsque les navires à introduire dans les bassins étaient courts, mais très

(1) On remarquera que la porte à flotteurs en bois de Lorient ne pourrait être manœuvrée sans danger par les mortes eaux extraordinaires, puisque, en vidant dans le bassin l'eau du flotteur extérieur, elle tendrait à flotter, aussitôt que le niveau intérieur aurait atteint la flottaison lège de 3m,90. Mais ces mortes eaux sont tout à fait exceptionnelles.



sensible aujourd'hui que les navires ont augmenté de longueur; puis que, flottant par elles-mêmes verticalement, elles ne peuvent être réparées complètement à flot.

Ce dernier inconvénient est au reste plus apparent que réel, car rien n'empêche, en ne busquant pas les portes, de les disposer de telle sorte qu'elles puissent être retournées, c'est-à-dire que le côté du flotteur extérieur puisse au besoin devenir celui du flotteur intérieur; il suffit pour cela que les paillets suiffés puissent indifféremment être appliqués sur les deux côtés. D'ailleurs la stabilité naturelle n'est pas assez forte, pour qu'il soit absolument impossible de les coucher de façon à ce que la quille puisse être éventée.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur les portes en bois. Nous terminerons en donnant les croquis des bateaux-portes et des portes à flotteurs actuellement usités, construits en fer. Ces bateaux-portes et portes à flotteurs sont, au point de vue des principes, la reproduction des systèmes de même nom en bois. Mais l'emploi du fer, en amenant de nouvelles diminutions dans le volume et le prix de ces appareils, a beaucoup rapproché les deux systèmes l'un de l'autre; aussi, tandis qu'aux ports de Toulon et de Lorient, en 1847 et 1862, on adoptait la porte à flotteurs, au port de Cherbourg, en 1855, on préférait le bateau-porte.

Ce dernier système, au reste, moyennant certaines améliorations, apportées au port de Toulon par feu M. l'ingénieur de la marine de Coppier, et qui le réduisent pour ainsi dire à une simple porte flottante, paraît supérieur à tous les points de vue, y compris le point de vue économique, ainsi que nous le montrerons en finissant.

Portes à flotteurs en fer. — Porte à flotteurs en fer du bassin n° 3 du port de Toulon (*pl.* 150, *fig.* 920), dessinée en 1846 par M. l'ingénieur de la marine Bayle, mise en place en 1847. Son poids, sans lest, s'élève environ à 120 tonneaux; il est égal à peu près aux $\frac{45}{100}$ du poids du bateau-porte en bois du port de Cherbourg, quoique l'écluse à fermer soit un peu plus grande dans le rapport de $147^{m^2},80$ à $133^{m^2},87$.

Première porte à flotteurs du bassin neuf du port de Lorient (*pl.* 150, *fig.* 921), dessinée par M. l'ingénieur de la marine Lemoine en 1861, mise en place en 1862; son poids s'élève à environ 210 tonneaux sans lest; mais les dimensions de l'ouverture à fermer sont considérables, $221^{m^2},75$ de surface.

Bateaux-portes des formes 3 et 4 de l'arrière-bassin du port de Cherbourg (*pl.* 151, *fig.* 922), dessinés en 1855 par M. le directeur des constructions navales Corrard, et mis en place en 1858.

Le poids de ces bateaux s'élève à environ 152 tonneaux sans lest; les dimensions de l'écluse à fermer donnent une surface d'environ $196^{m^2},29$; on voit donc que ce bateau est proportionnellement plus léger que les portes à flotteurs, dont il vient d'être question.

Portes de M. l'ingénieur de la marine de Coppier. — La différence est plus sensible pour le dernier bateau-porte, ou plutôt pour la porte flottante, dont nous allons parler; elle a été dessinée en 1858 par feu M. de Coppier pour le bassin n° 1 de Castigneau, au port de Toulon (*pl.* 151, *fig.* 923). Cette porte flottante ne pèse en effet sans lest que 114 tonneaux, ce qui est un poids relativement peu considérable pour une écluse de 184 mètres carrés de section. Les principes sur lesquels elle a été construite diffèrent un peu de ceux exposés plus haut.

Pour les raisons que nous avons données précédemment, dans les ports sans marée il y a nécessité de rejeter au-dehors avec des pompes l'eau destinée à couler le bateau-porte ou la porte à flotteurs; c'est un travail considérable, dont il y aurait tout avantage à se dispenser. Nous allons indiquer les moyens employés par M. de Coppier au port de Toulon pour le supprimer, et montrer comment on peut concevoir que cet ingénieur soit arrivé à la solution qu'il a fait adopter.

Les flotteurs en général ont un double but à remplir.

1° Ils doivent avoir une ligne de flottaison, située à une hauteur obligatoire, afin que l'appareil émerge assez, pour être toujours dégagé des rainures des bajoyers.

2° Ils doivent fournir au-dessous de cette ligne un volume, qui, ajouté à celui de la portion immergée de la porte proprement dite, donne un déplacement égal au poids total.

3° Enfin, ils doivent procurer une stabilité suffisante.

Et tout d'abord rien n'empêche de limiter par le haut les flotteurs, comme cela a lieu sur le bateau-porte en bois de l'ancienne forme du port de Lorient, et de les arrêter à 10 centimètres environ au-dessus de la flottaison lège.

Le travail de pompage à faire pour la levée de la porte à flotteurs subsistera toujours, il est vrai ; mais déjà il sera notablement diminué, car on réduit le déplacement de la partie supérieure de la porte, et, par suite, la quantité d'eau qu'il faut y introduire, pour la faire passer de sa flottaison lège à son immersion maxima. On peut d'ailleurs le diminuer encore davantage, en laissant l'eau circuler librement dans la partie peu considérable de la porte, située au-dessus de ce qui restera des flotteurs. Mais alors si l'on considère que, par suite de la diminution du volume et conséquemment du poids des flotteurs, le deuxième but, indiqué plus haut comme devant être rempli par eux, pourrait être obtenu en diminuant leur largeur, qui n'a d'autre objet que d'assurer la stabilité, on est amené à examiner s'il n'y aurait pas avantage à remplacer la stabilité de forme par la stabilité de poids, et à obtenir que la porte se tienne debout, moyennant un lest métallique convenablement calculé, et placé le plus bas possible au-dessus de la quille. On reconnaît dès lors, que, pour le bassin n° 1 de Castigneau par exemple, il est possible de résoudre le problème, en se contentant d'une porte réduite à $2^m,20$ de largeur, jusqu'à 10 centimètres au-dessus de la flottaison, endroit à partir duquel on laissera l'eau circuler librement dans la porte, lorsqu'elle devra être coulée. Tous calculs faits, on trouve qu'il suffit d'un faible poids d'eau, 4 tonneaux environ, équivalant au déplacement de la tranche de la porte, comprise entre la flottaison lège et une flottaison plus élevée de 10 centimètres, pour la couler, et la relever ensuite, lorsqu'il s'agit d'ouvrir le bassin. Au-dessus de ces 10 centimètres, la porte se trouve naturellement réduite à la largeur nécessaire pour la résistance des diverses barres horizontales, qui forment sa charpente. Ce retrait a au reste l'avantage de donner à la partie du bassin qui y correspond une plus grande longueur, qui peut ne pas être inutile dans certaines circonstances, pour loger la saillie des arrières des navires que l'on veut y échouer. Nous voyons ainsi que le volume d'eau à pomper peut être réduit à 4 tonneaux, pour une écluse de 184 mètres carrés environ d'ouverture ; on peut même se dispenser de ce travail réduit par l'artifice suivant.

Les 4 tonneaux sont introduits dans deux réservoirs intérieurs, P P, d'une capacité double, placés au-dessous de la flottaison lège, par des robinets $p\,p$, situés en contre-bas. Les robinets $q\,q$, de la partie de la porte située à 10 centimètres au-dessus de la flottaison lège étant ouverts, il sera toujours possible au moment voulu de couler la porte en ouvrant les robinets $p\,p$.

Cela posé, supposons la porte coulée, et tous les robinets fermés, la portion supérieure de la porte étant remplie d'eau jusqu'au niveau extérieur. Ouvrons dans le bassin le robinet intérieur p, de manière à y vider les compartiments P P ; puis fermons-les. Tant que l'eau dans le bassin n'aura pas atteint la flottaison lège de $7^m,65$, il est évident que la porte restera coulée. Laissons l'eau continuer à monter dans le bassin (*pl.* 148, *fig.* 924), et atteindre une hauteur h quelconque, inférieure à la hauteur d'eau H en dehors du bassin ; voyons alors quelles seront les forces en jeu.

Menons un plan vertical par la face d'appui de la porte contre les bajoyers. Appelons B et b les poids de la porte tout entière, extérieurement et intérieurement au bassin, et A et a les poids



d'eau séparés par le même plan et compris dans l'intérieur de la porte, à partir du ressaut situé à 10 centimètres au-dessus de la flottaison lège Mm, et jusqu'à la hauteur H.

Nous laisserons de côté, pour simplifier le raisonnement, la force émersive produite par les parties pleines de la charpente en fer de cette région de la porte. Il est clair que le poids du système est $B + b + A + a$, et que la poussée de l'eau est égale au déplacement D de la partie de la porte, correspondante à sa flottaison lège Mm, c'est-à-dire à $B + b$ augmenté :

1° du déplacement d de la partie $Mm\,Nn$, comprise entre la flottaison lège et la flottaison Nn, à laquelle commence le retrait;

2° du déplacement de la partie supérieure de la porte, égal au poids d'eau intérieure A ;

3° du déplacement de toute la partie de a, comprise entre le ressaut Nn et la flottaison à la hauteur h.

La force émersive est donc égale à $\left(B + b + d + A + \frac{1}{m}\,a\right)$, en désignant par $\frac{1}{m}\,a$ la partie de a, comprise depuis le ressaut jusqu'au niveau h, moins $(B + b + A + a)$; c'est-à-dire en définitive à $d - \left(1 - \frac{1}{m}\right) a$; or d est égal pour la porte en question à 4 tonneaux environ; cette force émersive commencera donc à se produire pour la flottaison h, telle que le volume ombré $\left(1 - \frac{1}{m}\right) a$ égale le volume d de 4 tonneaux. C'est à ce moment, ou du moins très près de ce moment, que la porte, ayant vaincu la force de frottement très faible, qui continue à l'appliquer contre les heurtoirs, se mettra en mouvement, pour s'élever de toute la hauteur d'immersion qui a été nécessaire, pour procurer une force émersive, capable d'annuler cette force de frottement (1).

Le mouvement d'ascension, si le volume a est convenablement calculé, pourra se faire sans aucun danger, malgré la petite différence de niveau, qui existera entre l'intérieur et l'extérieur du bassin, et, pour que la porte continue à se lever, il suffira d'ouvrir les robinets $q\,q$ (*pl.* 151, *fig.* 923), dont il a été déjà question, de façon à laisser écouler toute la quantité d'eau qui se trouve au-dessus des diverses flottaisons décroissantes de la porte, jusqu'à ce que, la partie $A + a$ étant complètement vide, la flottaison soit venue à $7^m,65$ du dessous-quille.

La porte flottante du bassin n° 1 de Castigneau pèse, ainsi que nous l'avons déjà dit, environ 114 tonneaux; 92 tonneaux de lest suffisent à lui donner une stabilité convenable, ce qui met son déplacement total à 206 tonneaux, et le déplacement de la partie comprise entre la flottaison lège et le retrait s'élève, comme nous l'avons vu, à 4 tonneaux environ.

Nous citerons encore la porte du même genre, due à M. l'ingénieur de la marine Lemaire (*pl.* 152, *fig.* 925), qui vient d'être adaptée au bassin n° 2 de Lorient, élargi de $6^m,50$, pour pouvoir recevoir des navires de 24 mètres de largeur.

Cette porte étant destinée à un port à marée, la hauteur du ressaut est commandée par la position à donner à la flottaison, pour que la porte puisse lever à mi-marée même dans les mortes eaux. La hauteur du dessous de la quille étant, au heurtoir intérieur, de $4^m,90$ au-dessous du 0 des marées, et le plan moyen des marées étant à $2^m,70$ au-dessus, il en résulte que, pour que la porte puisse à mi-marée se dégager de ses rainures, ce qui exige déjà une ascension de $0^m,80$, il faut que son tirant d'eau lège soit inférieur à $4^m,90 + 2^m,70 - 0^m,80 = 6^m,80$. On peut donc disposer à chaque marée de 6 heures, pour les mouvements de porte et l'entrée du navire.

Pour couler la porte, on la présente devant ses rainures, et on ouvre les robinets des caisses

(1) Dans le cas où la force de frottement, augmentée par suite de circonstances imprévues, telles qu'une longue fermeture du bassin, ne pourrait être vaincue, au point calculé comme il vient d'être indiqué, on produirait le décollement de la porte à l'aide de moyens mécaniques, tels que les vérins hydrauliques, par exemple.



flotteurs et celles du réservoir supérieur. L'immersion se fait, jusqu'à ce que la porte atteigne un tirant d'eau de $7^m,126$; elle échouera lorsque le niveau de la mer ne sera plus qu'à $7^m,126$ au-dessus du heurtoir, ou $2^m,226$ au-dessus du 0 des marées. On ferme alors les robinets des flotteurs et ceux du compartiment supérieur, du côté du bassin.

Quand le bassin est vide, et qu'on veut lever la porte, on a dû fermer à la marée précédente les robinets du compartiment supérieur du côté du large, ce qui permet, en conservant de l'eau dans le compartiment supérieur, de retarder, s'il est nécessaire, la levée de la porte. On vide ensuite les caisses flotteurs dans le bassin, on referme leurs robinets, et on ouvre les vannes, qui donnent accès à l'eau dans le bassin. Dès que le niveau est à peu près le même à l'intérieur qu'à l'extérieur, on ouvre les soupapes du compartiment supérieur, qui se vide, et quand la mer a dépassé le tirant d'eau lège du bateau, $6^m,70$ ou $1^m,80$ au-dessus du 0 des marées, de la quantité nécessaire pour vaincre les frottements, la porte se lève en suivant la mer; quand elle a monté de 80 centimètres, elle se dégage des rainures du heurtoir intérieur.

Si l'égalité des niveaux ne se faisait pas avant le moment où la mer atteint la flottaison de $6^m,70$, on retarderait l'ascension de la porte, ou on augmenterait son tirant d'eau, en ne vidant pas complètement les réservoirs supérieurs.

Bateau-porte de Rochefort. — Les bateaux-portes, que nous venons d'examiner, sont maintenus en place par le lest liquide qu'ils contiennent, et qu'on renouvelle à chaque entrée au bassin. Dans les rivières vaseuses comme la Charente, cette introduction d'eau a l'inconvénient d'amener des dépôts considérables de vase, et on a adopté une forme spéciale (*pl.* 148, *fig.* 926), due à M. le directeur des constructions navales Hubert, permettant de manœuvrer la porte sans ce secours, et de la maintenir en place, même quand la marée produit sur la partie extérieure une poussée considérable.

Pour cela, soit FL (*pl.* 148, *fig.* 927) la flottaison lège de la porte, F'L' le niveau des hautes mers des syzygies, AB la surface d'appui, D et D' les déplacements extérieur et intérieur jusqu'à FL, Δ le déplacement extérieur de FL à F'L'.

Au moment le plus défavorable, la poussée maxima sera :

$$D + \Delta.$$

Le poids de la porte est égal à son déplacement lège $D + D'$.

La condition d'équilibre sera donc :

$$(1) \qquad D + \Delta < D + D', \quad \Delta < D'.$$

Il convient, pour plus de sécurité, d'admettre que le bassin pourra contenir une petite quantité d'eau, provenant des infiltrations inévitables, du défaut de fermeture exacte de la porte, ce qui produira une poussée s'ajoutant à la poussée extérieure. Si l'on suppose que l'eau intérieure atteigne $f\,l$, et que la porte ait par suite à l'intérieur du bassin un déplacement d, la condition d'équilibre (1) deviendra :

$$D + \Delta + d < D + D';$$
$$\Delta + d < D';$$
$$\Delta < D' - d.$$

Il suffira, pour mettre la porte en place, de venir la présenter en face de ses rainures, et de la laisser s'enfoncer par l'abaissement de la mer; quand le niveau de l'eau sera en FL, elle



échouera, et il faudra pomper l'eau du bassin avant la marée suivante, pour l'empêcher de se soulever. Pour la lever, il faudra introduire de l'eau dans le bassin au moment du flot, et, quand le niveau intérieur et extérieur atteindra FL, la porte flottera.

La condition $\Delta < D' - d$, jointe à la nécessité d'abaisser la flottaison lège FL, pour permettre à la porte de fonctionner à un grand nombre de marées, oblige à donner aux fonds une grande largeur, et à réduire beaucoup les hauts, ce qui donne à ces portes une forme très différente de celles des autres systèmes.

Charpente des bateaux-portes. — Les croquis indiqués plus haut donnent une idée de la charpente des bateaux-portes. Ils se composent généralement d'une quille et de deux étambots en tôle et cornières, consolidés par des cadres en cornières façonnées.

Des membrures, ou barrots horizontaux, s'appuient sur les étambots, et sont entretoisées horizontalement de distance en distance par des cornières horizontales, et quelquefois sont rendues solidaires par des poutres verticales en tôle, ou des tirants.

Des cloisons intérieures, nécessaires pour que l'eau ne circule pas sans obstacle d'un étambot à l'autre, contribuent à consolider l'ossature, qui est recouverte par un bordé à double clin.

Les quilles, étraves, étambots sont recouverts d'un soufflage en bois, garni du côté du portage d'un paillet lardé et suiffé, qui fait l'étanche contre le heurtoir. La porte est appliquée par des palans, et soutenue en son milieu par deux arcs-boutants horizontaux, qui butent contre les bajoyers, et sont appuyés contre un taquet ménagé sur la porte. La partie supérieure de la porte est au niveau du quai, et sert de passerelle; elle est munie de garde-corps.

Le poids de coque des bateaux-portes varie avec leur mode de construction et la surface de l'écluse à fermer; voici quelques données à ce sujet :

		Surface.	Poids par mètre carré de surface.
		m²	kg
Porte Daviel (bois)	Forme Cachin, Cherbourg	133,87	1980
Porte à flotteurs Pestel (bois)	Bassin n° 2, Toulon	114,14	990
Porte à flotteurs (fer)	Bassin n° 3, Toulon	147,80	820
—	Bassin n° 2, Lorient	221,75	950
—	Bassin n°s 3 et 4, Cherbourg	196,29	770
Porte de Coppier (fer)	Bassin n° 1, Toulon	183,81	623
— (acier)	Bassin n° 2, Lorient	325	790

Ainsi qu'il est facile de le prévoir, le poids par mètre carré de portes du même système doit croître, quand les dimensions de l'ouverture à fermer augmentent.



CHAPITRE XXXIX.

DOCKS FLOTTANTS. — GRUES. — MATURES.

But des docks. — Il n'est pas toujours possible, et il serait quelquefois très dispendieux de construire des formes sèches pour recevoir les bâtiments; aussi depuis longtemps s'est-on préoccupé de trouver d'autres procédés que la mise au bassin ou le halage sur cale, permettant d'accéder à la carène. Le nombre toujours croissant des bâtiments en fer a donné plus d'importance à la recherche de ces appareils, et les docks flottants sont maintenant répandus dans la plupart des ports.

Un dock flottant se compose essentiellement d'un flotteur de grande dimension, que l'on coule sous le bâtiment. On lui donne, par diverses dispositions, un mouvement ascensionnel, qui entraîne avec lui le navire, accoré à son intérieur, et finit par le mettre complètement à sec. Nous examinerons d'abord le travail à dépenser pour faire émerger le dock lège ou chargé.

Nous distinguerons deux systèmes principaux de docks : tous deux se composent d'une grande caisse creuse, et de deux caissons latéraux, qui lui sont réunis par une partie inclinée destinée à donner plus de stabilité au moment critique, et à faciliter l'accorage. Dans l'un, les extrémités sont ouvertes; dans l'autre, elles sont fermées, soit par un bateau-porte, soit par des portes d'écluse ordinaires. Dans le premier, les mouvements de descente et de montée sont obtenus par introduction et épuisement de l'eau dans la double enveloppe; dans l'autre, par l'introduction ou l'épuisement de l'eau dans la cavité qui forme bassin.

Dock sans portes. — Soit $\alpha\beta\gamma O\delta\varepsilon\zeta$ (*pl.* 152, *fig.* 928) la demi-section transversale du dock, FL sa flottaison lège, OKA son échelle de déplacement, qui se compose, abstraction faite des chantiers, de deux droites et d'un arc de parabole. Pour faire immerger le dock jusqu'à une flottaison RA, il faudra y introduire une quantité d'eau $TA = RA - Og$, Og, déplacement du dock lège, étant égal à son poids.

Si à partir de g nous traçons l'échelle de déplacement intérieure, qui, en ne tenant pas compte de l'épaisseur des parois, sera identique à OKA, nous obtiendrons une courbe gaB, sur laquelle le point a, projection de A, détermine la hauteur du niveau intérieur, nécessaire pour obtenir la flottaison extérieure RA. En effet RA, déplacement du dock, est égal à TR ou Og, poids du dock, augmenté de ta, quantité d'eau qu'il contient, quand la flottaison intérieure est en ta.

La distance verticale entre les deux courbes OKA, gaB donnera donc à chaque instant la différence de niveau, et comme, pour passer d'une flottaison à une autre, il faut épuiser la différence des quantités d'eau intérieure, il en résulte que le travail à effectuer, pour passer de la flottaison RA à la flottaison FL, sera l'aire GKAag. Le travail de l'immersion inverse est nul.

On peut par certains artifices réduire cette surface; on emploie dans ce but une cloison verticale εu, qui isole un compartiment central $O\delta\varepsilon u$, qui reste toujours plein d'air. Il en résulte que la courbe des volumes d'eau introduits, partant toujours du même point g, a des accroissements d'abscisses moindres dans les fonds, se redresse et prend la forme gKc, identique à la première à partir du sommet de la cloison εu. Cette courbe peut couper l'échelle de déplacement en K; au-dessus du point K, les niveaux extérieurs sont en dessous des niveaux intérieurs, et il faut pomper de l'eau pour faire immerger le dock.

Le travail nécessaire pour une immersion et une émersion se composera donc de l'aire KGg, travail d'émersion, et de l'aire KAQ, travail d'immersion; la somme totale sera évidemment moindre que dans le cas précédent. On remarquera de plus que la distance verticale, comprise entre les deux courbes, donne pour chaque situation du dock la différence entre les niveaux intérieur et extérieur, c'est-à-dire les hauteurs d'aspiration ou de refoulement des pompes.

Par le point K passe la flottaison d'équilibre du dock, qu'il atteindra de lui-même, si les robinets d'introduction de l'eau sont laissés ouverts; c'est à cette flottaison qu'on le mettra généralement quand il ne servira pas; il conviendra par suite de la placer à 30 centimètres au moins au-dessous du radier, pour qu'on puisse y circuler facilement.

Passons au cas du dock chargé d'un navire (*pl.* 152, *fig.* 929), dont de est l'échelle de déplacement, figurée sur le dessin à la hauteur où le navire sera lui-même échoué. En prenant sur la droite Og un point h, tel que $Oh = Og$ (déplacement du dock) $+ gh$ (déplacement du navire), et en élevant par h une verticale, jusqu'à la rencontre de la courbe OA en H, on aura la flottaison lège F_1L_1 du dock chargé du navire, et le point h deviendra l'origine de la courbe des poids d'eau intérieure, qui se transporte parallèlement à elle-même en $ha'B'$; quant à la courbe des déplacements totaux, on l'obtient en augmentant les abscisses de la courbe OGA des déplacements du navire, ce qui donne OGMA'. En effet, pour une flottaison RA', le déplacement total RA', qui se compose du déplacement du dock RA, et de celui du navire $AA' = Re$, est égal au poids du dock $RT = Og$, augmenté du poids du navire $TT' = Re$, et de celui de l'eau contenue ta'. On peut aussi, ce qui revient au même, conserver la courbe gaB, et diminuer les abscisses de la courbe OGA du poids du navire correspondant à chaque flottaison, ce qui donne la courbe O'G'A.

Le travail total de soulèvement est représenté par l'aire $AagG'$, ou par l'aire $A'a'hH$.

Dans le cas où il existe une cloison latérale (*pl.* 152, *fig.* 930), on obtiendra de même la courbe OMA' des déplacements du dock et du navire, et l'échelle des déplacements intérieurs $ha'C'$, ou bien on conservera la courbe gCQ, et on transportera la courbe des déplacements en O'G'K'A, OO' étant pris égal au déplacement du navire Re. Ces deux courbes se coupant en K', l'émersion se fera seule, tant que la flottaison extérieure sera au-dessus de K', et n'exigera de travail qu'au-dessous. Le travail d'émersion sera donc $K'G'g$; il faudra y joindre le travail d'immersion du dock QAK', de sorte que le travail total sera $gKAQK'G'$.

Dans le cas du dock chargé, la cloison verticale réduit à la fois le travail et la hauteur d'aspiration des pompes. Un autre avantage de la cloison, c'est que le dock a une position d'équilibre stable, les vannes étant ouvertes, et qu'à moins que le compartiment à air ne soit pas étanche, il ne peut couler.

Dock à portes. — Soient $\alpha\beta\gamma O\delta\varepsilon$ (*pl.* 152, *fig.* 931) la section transversale du dock, que nous supposons, pour simplifier, rectangulaire à l'intérieur, FL la flottaison lège les portes fermées, F_1L_1 la flottaison les portes ouvertes.

L'échelle de déplacement extérieur sera une droite partant de O, rencontrant FL à une dis-

tance de l'axe MN, égale au poids du dock. En projetant N sur $\delta\varepsilon$, on aura en n l'origine de la courbe des déplacements intérieurs, qui, rectiligne également, rencontrera la première sur F_1L_1, en A, de sorte qu'on aura :

M_1A (déplacement extérieur) $= N_1A$ (quantité d'eau intérieure)
$+$ MN (poids du dock).

Le travail d'émersion, de F_1L_1 à FL, sera, comme dans le cas précédent, mesuré par l'aire comprise entre les deux courbes, et égal à ANn.

Supposons le navire introduit, et soit de son échelle de déplacement (*pl.* 153, *fig.* 932); en portant $ng = ef$, et élevant une verticale jusqu'à sa rencontre avec OA, on obtiendra le point G, par lequel passe la nouvelle flottaison lège F_2L_2, telle que l'on ait :

PG (déplacement extérieur) $=$ MN (poids du dock),
$+ ng$ (poids du navire).

La courbe des poids d'eau intérieure part de g, et doit encore aboutir en A ; mais elle est modifiée, dans l'intervalle, par la présence du navire ; pour chaque flottaison intérieure, telle que tq, le navire diminue la quantité d'eau contenue, de son déplacement tu, correspondant à la flottaison tq. On obtiendra donc la courbe des poids d'eau intérieure, en menant en g une parallèle gA' à nA, et en diminuant les abscisses de longueurs sq, égales aux déplacements successifs du navire. De g jusqu'à l'horizontale passant en d, les quantités à retrancher sont nulles ; de F_3L_3 à F_1L_1 elles sont égales au déplacement total, et on retombe sur la droite nA. Pour une flottaison extérieure jl, on aura égalité entre le déplacement jk du dock et la somme des poids :

MN (poids du dock),
$+ ng = fe$ (poids du navire),
$+ is$ (poids d'eau contenu dans le dock).

Le travail d'émersion du navire sera donc représenté par la surface AGgsP.

Si l'on voulait introduire dans le dock un navire d'un tirant d'eau plus considérable que la hauteur sur radier pour la flottaison F_1L_1, on y parviendrait en introduisant de l'eau dans les compartiments intérieurs, ce qui augmente le poids du dock et fait remonter F_1L_1.

Construction des docks flottants. — Nous citerons, comme exemple de docks flottants, celui qui a été construit pour Saïgon par l'usine du Creusot (1), et le dock d'Onrust (Indes Néerlandaises).

Le dock de Saïgon (*pl.* 153, *fig.* 933) a pour dimensions :

Longueur totale	120 mètres.
Largeur extérieure	30 —
— intérieure	23 —
Hauteur totale	15 —
Déplacement du dock vide	5730 tonneaux.
Déplacement du navire le plus grand que le dock puisse soulever	6000 —
Tirant d'eau du navire	$7^m,50$
— du dock chargé	$3^m,17$
Force des machines	180 chevaux.

Le dock se compose d'un ponton inférieur et de deux caissons latéraux ; ceux-ci sont divisés

(1) Coulé dans la rivière de Saïgon.

par une cloison horizontale, et le compartiment supérieur forme chambre à air. Au fond se trouve une couche de ciment de 15 centimètres, destinée à protéger les tôles.

La membrure se compose de membres transversaux étanches, formés de cloisons en tôle rattachées au bordé par des cornières, de membres simples formés de cornières soutenant le bordé, entretoisées par des cornières perpendiculaires, enfin de membres à treillis. Trois cloisons étanches, établies dans le ponton du fond, et les murailles verticales, dont l'intérieure descend jusqu'au fond, donnent de la rigidité longitudinale.

Le poids total des matériaux est les $\frac{188}{1000}$ du volume du dock. Deux chaudières, placées sur le pont, fournissent de la vapeur à des machines à pilon, placées dans le compartiment supérieur, qui actionnent des pompes centrifuges; une canalisation descend verticalement, et va aspirer dans toutes les cellules du fond.

L'immersion se fait par simple introduction d'eau, ce qui a donné lieu à la catastrophe qui a détruit ce dock, sans qu'il eût servi.

L'accorage est facilité par l'établissement de potences au haut des murailles, de taquets en tôle, destinés à recevoir le pied des accores. Une passerelle tournante réunit les deux caissons latéraux, et permet la circulation d'un bord à l'autre.

Nous donnons également des coupes du dock hollandais d'Onrust (*pl.* 153, *fig.* 934-935), dont les dimensions sont :

Longueur totale	100 mètres.
Largeur extérieure	27 —
— intérieure, en haut	23 —
— — en bas	$11^m,40$
Hauteur totale	$12^m,50$
Déplacement du dock	3185 tonneaux.
Déplacement du navire le plus grand, que le dock peut soulever	5350 —
Tirant d'eau du navire	$6^m,30$
— du dock chargé	$3^m,40$

Le fond du dock a une légère tonture; son radier a une forme concave vers le bas et ses murailles intérieures sont inclinées.

Le mode de construction est analogue à celui du dock de Saïgon, et la manœuvre se fait de même.

L'accorage s'exécute au moyen de clefs à crémaillère à la partie supérieure, et d'accores à charnière dans les fonds.

Depositing Dock. — Ces docks se distinguent des précédents, en ce qu'ils permettent de déposer le navire soulevé sur des chantiers fixes; de plus, ils sont formés d'éléments, que l'on peut assembler en nombre plus ou moins considérable, et avec diverses dispositions, de manière à proportionner les dimensions de l'appareil à l'effort de soulèvement à faire, et à lui donner des largeurs différentes, suivant celle du navire; cette dernière faculté a été nécessitée par la grande surface d'échouage nécessaire aux cuirassés circulaires, construits en Russie.

Considéré dans son ensemble, le dock (*pl.* 153, *fig.* 936) se compose d'un caisson de fond B, et d'un flotteur latéral A; l'un des côtés du dock est donc complètement ouvert; du côté opposé on ajoute un flotteur supplémentaire C, relié par un système articulé ou à glissière, et destiné à équilibrer le dock, et à lui faire prendre une flottaison droite.

Le flotteur latéral (*pl.* 154, *fig.* 937) se décompose en deux ou trois grands caissons, longs

et étroits, que l'on réunit par un boulonnage; on en place plus ou moins, suivant la longueur du navire à soulever. Le caisson de fond se compose d'une série de chalands, réunis aux flotteurs par un boulonnage, serrant un joint étanche garni de caoutchouc. Chaque chaland est divisé en compartiments par une cloison horizontale et des cloisons transversales; les cellules supérieures, constamment remplies d'air, les rendent insubmersibles.

Si l'on veut se servir du dock pour soulever seulement le navire, on fixe les chalands sur les flotteurs, de manière à laisser entre eux des intervalles, et on a à terre une estacade discontinue (*pl.* 153, *fig.* 938 et *pl.* 154, *fig.* 939), laissant des vides un peu supérieurs à la largeur des chalands. Il suffit de présenter le dock devant l'estacade, de manière à faire pénétrer les chalands dans les espaces vides, de le couler ensuite, et le navire vient reposer sur l'estacade, sur laquelle on a établi des tains pour le recevoir. Le dock est alors disponible pour une nouvelle opération.

Si l'on veut soulever un navire de grande largeur, on place bout à bout deux rangées de chalands, dont la première est boulonnée sur les flotteurs. Chaque segment du flotteur porte un appareil d'épuisement indépendant, qui communique par un tuyautage avec toutes les cellules des chalands; d'ailleurs les divers appareils sont mis en communication, afin que l'égalité de niveau s'établisse d'elle-même dans toutes les parties du dock, malgré l'infériorité ou l'arrêt de l'un des appareils de pompage.

Le dock de Nikolaïeff se compose de trois flotteurs et de dix chalands; il peut soulever un navire de 3600 tonneaux et de 84 mètres de long.

Dock hydrostatique de Clark. — Les appareils qui précèdent ont l'avantage d'être mobiles, et de pouvoir s'installer dans tous les ports où la nature du terrain ne permet pas de creuser des bassins de radoub; mais il faut soulever le navire et le dock d'une hauteur au moins égale au tirant d'eau du navire. Un système très différent, imaginé par Edwin Clark, permet de profiter de la marée, de ne faire monter le navire que de la différence entre son tirant d'eau et la hauteur de la marée, et de réaliser ainsi un bénéfice sur le travail.

L'appareil de soulèvement est fixe; il se compose d'une série de presses hydrauliques verticales (*pl.* 154, *fig.* 940), logées dans des colonnes en fonte, alignées des deux côtés de l'espace réservé au navire. La tige de piston de chaque pompe porte à sa partie supérieure un T (*pl.* 154, *fig.* 941), qui sort de la colonne par deux fentes, et porte deux bielles pendantes; les bielles pendantes des deux presses placées en regard sont réunies par des traverses en fer forgé.

Toutes les presses étant descendues au bas de course, toutes les traverses étant rendues au point le plus bas, on vient amener au-dessus de celles-ci un caisson, de déplacement proportionné à celui du navire, et on le coule en le remplissant d'eau. On conduit ensuite le navire au-dessus du caisson, et on fait monter les pistons des presses, qui élèvent les traverses, le caisson et le navire; dès que le caisson émerge, on le laisse se vider, on ferme les orifices, et, en amenant de nouveau, il flotte en supportant le navire. L'appareil est dès lors disponible pour un nouvel échouage. En ayant soin de commencer l'opération à mer haute, on peut bénéficier de l'émersion naturelle, qui se produit par l'abaissement du niveau de la mer pendant l'opération.

L'appareil, installé à Londres aux Victoria Docks, se compose de trente-deux presses, disposées sur deux lignes, laissant entre elles un vide de $18^{m},30$; la course des presses est de $7^{m},60$. L'appareil de Bombay, construit en 1872 (*pl.* 154, *fig.* 940-941 et *pl.* 155, *fig.* 942), se compose de trente-six colonnes à double presse hydraulique, distantes de $10^{m},51$ d'axe en axe.

Pontons-mâtures. Grues. — Nous devons classer au nombre des appareils servant aux réparations les engins destinés à soulever de gros poids, tels que canons, chaudières, mâts. Les



uns sont établis à poste fixe sur des quais, auxquels on accoste le bâtiment; ils prennent le nom de grues ou de mâtures fixes; d'autres sont installés sur des pontons flottants, que l'on amarre le long du navire sur lequel doit se faire la manœuvre; ils prennent le nom de pontons-mâtures ou de grues flottantes. Les données principales de tous ces appareils sont :

1° Le poids maximum à soulever;

2° La hauteur à laquelle on doit le transporter, pour l'élever au-dessus de la partie la plus haute de la muraille, lorsque le bâtiment est lège;

3° La portée, supérieure ou au moins égale à la demi-largeur de ce navire, en tenant compte du cas où la volée de l'appareil viendrait porter contre les hauts, et empêcherait l'accostage complet.

Mâtures fixes. — Dans tous les arsenaux existaient autrefois des mâtures fixes, composées de pièces de mâture (*pl.* 156, *fig.* 943-944) dressées sur le bord d'un quai, faisant un angle de 15 à 20 degrés avec la verticale, et soutenues par une série de haubans en cordages ou en chaînes. On leur donnait une grande hauteur, 30 mètres environ au-dessus de l'eau, afin de pouvoir faire descendre par ses étambrais un bas mât, en l'élinguant vers le tiers supérieur de sa longueur. Des arcs-boutants en bois s'opposaient au renversement des bigues dans les coups de vent. L'appareil élévatoire se composait de trois ou quatre caliornes, garnies de garants en filin blanc, que l'on manœuvrait avec des cabestans à bras. La force de ces appareils était d'environ 30 tonnes.

Les appareils de ce genre avaient le défaut, inhérent au bois et aux cordages, de ne pas être très durables ; ils avaient, en outre, l'inconvénient de nécessiter pour leur manœuvre beaucoup de bras ; aussi sont-ils presque partout remplacés par des appareils en fer, avec moteur à vapeur. En outre, ils ne permettaient pas de déposer à terre l'objet pris à bord ; on ne pouvait que le mettre à l'eau ou sur un chaland, d'où il fallait le tirer à terre avec un traîneau.

Grue Neustadt à Toulon. — La grue construite à Toulon par M. Neustadt (*pl.* 155, *fig.* 945-946) se compose de deux paires de bigues en tôles et cornières, réunies à leur partie supérieure par un pont, avec lequel elles forment un parallélogramme articulé, que deux paires de haubans empêchent de se déformer. Une plate-forme, fixée aux bigues les plus éloignées du quai, supporte une machine à vapeur et le treuil d'entraînement de la chaîne. Suivant la manière de passer cette dernière, on peut lui faire former un palan, fixé à la tête des bigues extérieures, ou la faire passer sur des rouets portés par un chariot, mobile horizontalement sur le pont supérieur. On peut, dans ce cas, prendre un fardeau à bord du navire, l'élever verticalement, le transporter horizontalement à l'aplomb du quai, et le déposer sur un wagon.

La force de l'appareil est de 50 tonnes ; mais l'emploi d'une chaîne articulée, qui résiste mal à la torsion, rend son usage peu commode pour le mâtage.

Trépied oscillant. — On trouve dans un grand nombre de ports de commerce des trépieds oscillants (*pl.* 157, *fig.* 947-948), composés de deux bigues et d'un tirant; ces trois pièces sont en tôle, et généralement ont une section circulaire. Les pieds des bigues sont fixes, mais articulés ; celui du tirant porte un écrou monté sur pivot, et traversé par une longue vis horizontale, maintenue par des buttées. Enfin une ou plusieurs chaînes, munies de crochets, passent en tête des bigues, et viennent se garnir sur des tambours à axe horizontal, actionnés par un moteur à vapeur.

Quand la vis horizontale, en tournant, a fait avancer l'écrou jusqu'à son extrémité la plus voisine du quai, les bigues ont atteint leur maximum d'inclinaison et de portée ; elles peuvent soulever ou amener le fardeau à bord du bâtiment. En faisant marcher l'écrou en sens inverse, on redresse les bigues, puis on les incline en sens opposé, et le tirant travaille par compression. On peut alors amener le fardeau sur le quai, ou l'y prendre s'il y est déposé.

Grue Gervaize. — Dans d'autres systèmes, la mise à terre du fardeau est obtenue par rotation de l'appareil autour d'un axe vertical.

Telle est la disposition de la grue construite à Brest (*pl.* 156, *fig.* 949) par M. l'inspecteur général du génie maritime Gervaize, à la hauteur du plateau des Capucins. Toute la charpente est portée sur une plate-forme à galets ; le mouvement de levage est obtenu au moyen de cordages entraînés par trois tambours ; un contre-poids mobile permet d'équilibrer la charge. La portée est de 10 mètres.

Grue à volée horizontale. — On emploie en Amérique des grues d'une disposition particulière, qui permettent une rotation complète en charge. Un support vertical, porté sur une plate-forme munie de galets (*pl.* 158, *fig.* 950), soutient, au moyen de haubans rayonnants, un espar horizontal. A l'une de ses extrémités est suspendu le fardeau ; l'autre est retenue par un hauban, fixé à la base de la pyramide en treillis qui forme support vertical, et peut tourner autour de son axe. La figure 950 représente une grue de ce système, construite pour l'arsenal de Brooklyn.

Nouvelles grues tournantes des arsenaux. — L'augmentation du poids des grosses bouches à feu, exécutées ou en projet, a obligé à pourvoir nos ports de moyens de levage beaucoup plus puissants : à l'imitation de la grue établie à l'arsenal de la Spezzia, on y a construit des grues tournantes de 160 tonnes.

Ces grues (*pl.* 158, *fig.* 951), construites par MM. Bon et Lustremant, se composent d'une plate-forme circulaire de 16 mètres de diamètre, supportée par une couronne de galets ; deux bigues sont placées sur le côté ; leur tête, élevée à $27^m,50$ de hauteur, fait une saillie de 12 mètres. Elles sont réunies l'une à l'autre par une série d'entretoises horizontales et d'écharpes diagonales. Les bigues sont soutenues par des haubans et des arcs-boutants obliques, en tôle et cornières, qui reportent l'effort sur le côté opposé de la plate-forme. Le mouvement de levage est obtenu en refoulant de l'eau sous pression sous le piston d'un cylindre hydraulique, porté en tête des bigues, dont la tige, munie d'un crochet, saisit l'élingue du fardeau. La course du piston, égale à la hauteur maxima d'ascension, est de $10^m,43$.

Pour parer aux efforts de flexion, qui se produiraient si le cylindre n'était pas exactement à l'aplomb du fardeau, on l'a muni d'une suspension à la Cardan. Il passe librement au travers d'un anneau en tôlerie, muni de deux tourillons, reposant sur la tête des bigues : l'anneau porte deux tourillons perpendiculaires aux premiers, autour desquels oscillent deux tiges en fer forgé, qui vont supporter le cylindre à sa base, et le dirigent à son extrémité supérieure. L'arrivée de l'eau se fait par un tube de petit diamètre, doué d'une élasticité suffisante pour suivre le cylindre dans ses oscillations de peu d'amplitude.

Grues diverses. — On se sert dans les chantiers d'un grand nombre de grues, grues sur chariot, ponts roulants à chariot, grues de fonderie, dont les dispositions, intéressantes en elles-mêmes, n'offrent rien de particulier aux constructions navales. Nous n'en ferons mention que pour mémoire.

Pontons-mâtures. — On préfère souvent n'avoir pas à accoster à un quai le bâtiment dont on veut débarquer les canons et les chaudières ; les mouvements de ce genre ne se font pas toujours facilement et sans avarie. Aussi aime-t-on mieux avoir à déplacer l'appareil de levage, que l'on monte sur un ponton flottant. Dans ce cas, la portée de l'appareil résulte de la combinaison de la hauteur et de la saillie des bigues avec l'inclinaison du ponton. Si nous appelons l la demi-largeur du ponton (*pl.* 158, *fig.* 952), s la saillie des bigues, h leur hauteur, le ponton droit, θ la bande du

ponton, s' et h' la saillie et la hauteur après inclinaison, on aura, sensiblement, les flottaisons se coupant à peu de distance de l'axe, en a :

$$\frac{l}{\cos\theta} + s' = (l + s)\cos\theta + h\sin\theta, \qquad h' = h\cos\theta - (l + s)\sin\theta.$$

La portée s'accroît donc avec l'inclinaison, en même temps que la hauteur diminue, et dans le calcul de la stabilité, aussi bien que dans l'établissement du tracé de la bigue, on doit tenir compte de cette augmentation, qui a une influence notable.

Pontons-mâtures en bois. — Les arsenaux ont eu, et ont encore quelquefois en service des pontons-mâtures (*pl.* 159, *fig.* 953-954), dont la coque était celle d'une frégate condamnée ou un ponton construit exprès. Avec les grandes hauteurs de bigues, nécessaires pour le mâtage, l'angle des haubans avec la bigue serait trop faible, si on les faisait tomber directement sur la muraille du côté opposé, et produirait une compression longitudinale trop forte. On préfère le plus souvent placer un mât vertical, au ton duquel aboutissent les haubans de la bigue, et qui est lui-même soutenu par des haubans, dont l'épatement est quelquefois augmenté par un large porte-haubans.

La bigue doit être tenue dans le sens longitudinal par des étais ; il est bon d'ajouter de plus un arc-boutant portant sur le mât, pour l'empêcher d'être renversée par le vent.

La coque doit être vigoureusement renforcée par un épontillage intérieur, reportant sur les fonds l'effort de la bigue, et par des arcs-boutants résistant à l'effort d'enfoncement des haubans ; elle doit être consolidée par des porques vigoureuses. Les apparaux de levage se composent de caliornes fixées à la tête du mât, dont les garants font retour sur le pont, et sont garnis à des cabestans. Quelquefois, au lieu d'une seule bigue, on en place deux, réunies à la tête par une traverse en bois, qui porte des rouets remplaçant la poulie supérieure des caliornes.

Les pontons de cette espèce sont peu commodes, à cause de leur grande longueur ; aussi préfère-t-on souvent, au lieu d'utiliser une vieille coque, dont on ne peut modifier les proportions, construire de toutes pièces un ponton, que l'on fait le plus souvent en tôle.

Ponton-mâture de Lorient. — Le ponton-mâture de Lorient (*pl.* 160, *fig.* 955-956), dû à M. le directeur des constructions navales Godron, est destiné à l'embarquement des canons et des chaudières ; il n'a par suite en tête des bigues qu'une élévation de 24 mètres. Il se compose d'un ponton de 30 mètres sur $11^{m},40$; les couples sont formés de tôles verticales et horizontales, formant varangue et courbes de barrots, et garnies de cornières sur tout leur contour ; les angles inférieurs sont arrondis. De fortes carlingues intercostales sont établies entre les pieds des couples.

Les bigues, composées de deux poutres rectangulaires en tôles et cornières, garnies à leur pied d'une rotule en fonte, reposent dans des sabots hémisphériques. Elles sont reliées par des entretoises horizontales et des écharpes obliques en tôle ; elles sont soutenues par des haubans tombant de l'autre bord, et contretenues au renversement par des arcs-boutants.

Le levage se fait par deux chaînes à maillons courts, passant sur de grands rouets en tête des bigues, et enroulées sur des tambours actionnés par des locomobiles. L'indépendance d'enroulement des deux chaînes donne des facilités de manœuvre très grandes.

La stabilité de forme et de poids du ponton ne serait pas suffisante, si on ne se servait de lest liquide, contenu dans des caisses à eau, dont le jeu permet, soit en diminuant l'inclinaison, d'augmenter la charge, soit en augmentant l'inclinaison sous une même charge, d'augmenter la portée.

Pontons à chevalet. — Une disposition employée fréquemment (*pl.* 161, *fig.* 957-958)

consiste à faire reposer la bigue sur un des côtés du ponton, et sur un chevalet vertical placé de l'autre. La bigue, qui dans ce cas est reliée d'une manière invariable au ponton et au chevalet, porte à sa tête deux rouets, sur lesquels passent les chaînes; celles-ci, après un second retour, descendent verticalement, et viennent s'enrouler sur les tambours d'entraînement.

Pontons à grue tournante. — On emploie souvent pour diverses manœuvres des pontons soulevant des poids plus légers, qui portent une grue verticale tournante, dont la disposition est celle des grues tournantes employées à terre. On peut alors, sans déplacement du ponton, prendre un objet à bord et le placer sur un chaland, ou inversement.

CHAPITRE XL.

VISITES ET RADOUBS.

Réparations. — L'entretien d'une flotte n'est possible qu'en faisant subir périodiquement aux bâtiments qui la composent des réparations plus ou moins onéreuses, dont les plus importantes prennent le nom de *radoubs*. Ces réparations ont pour but non seulement de parer à des défectuosités reconnues, résultat de fatigue ou d'accident, telles qu'une pièce de quille arrachée dans un échouage, une voie d'eau, une tôle crevée dans un abordage, mais encore de prévenir des détériorations ultérieures, telles que la pourriture des membres dans les bâtiments en bois, l'oxydation des tôles et des cornières dans les bâtiments en fer. Quelle que soit leur importance, elles doivent être conduites avec économie, et on doit éviter, autant que possible, de détruire ou de démonter des pièces saines, pour en changer de mauvaises ; en outre on doit les diriger de manière à rendre le navire indisponible le moins longtemps possible, et à le faire séjourner le moins qu'on le pourra dans les formes de radoub, dont en général les ports de guerre n'ont que le nombre strictement nécessaire, et dont la location dans les ports de commerce est très onéreuse.

Signes de fatigue des coques en bois. — Le mode de procéder diffère, suivant la construction des bâtiments. Pour ceux en bois il faut une expérience assez grande pour apprécier l'état de dépérissement de la coque, et l'importance des travaux que sa mise en état nécessite.

Un bâtiment fatigué a le plus souvent un arc prononcé ou du contre-arc ; l'arc du bâtiment est toujours mesuré au lancement ; on le mesure périodiquement chaque fois qu'il revient à son port d'attache.

Le calfatage en mauvais état, les étoupes crachant hors des joints, les abouts des bordages de préceintes s'écartant, dénotent un allongement exagéré dans les hauts, et des fatigues dues au roulis ; il en résulte que les hauts des bâtiments ne sont pas étanches, que les eaux de lavage traversent les ponts, que la pluie et les embruns pénètrent dans les coutures, et de là dans les murailles. En même temps, et pour les mêmes causes, les chevilles des bordages, celles des courbes de barrots prennent dans leurs trous un jeu, qui va sans cesse en augmentant ; quelquefois même on trouve des courbes de barrots cassées au collet.

Enfin un signe de déliaison encore plus prononcé se trouve dans les voies d'eau, surtout si elles persistent dans le calme d'un port. Une voie d'eau unique peut provenir d'un vice local, cheville cassée, calfatage mal fait ; s'il y en a plusieurs, on doit présumer qu'elles dénotent une détérioration générale.

Visite à la tarière. — Il peut y avoir déliaison, sans qu'il y ait altération des bois ; mais le

plus souvent le premier effet amène rapidement le second. Pour s'assurer de l'état de conservation des bois, on en fait la visite tant à la tarière que par délivrance, d'abord à flot, ensuite et plus sûrement au bassin.

La visite à la tarière se fait en perçant des trous de tarière à travers le bordé extérieur et le bordé intérieur, au droit des membres, et de manière à y pénétrer du tiers de leur échantillon sur le tour. A l'intérieur, on peut descendre jusque dans les fonds ; à l'extérieur, on s'arrête à la flottaison, si le bâtiment n'est pas au bassin. A côté de chaque trou, que l'on bouche plus tard avec une gournable (1), on marque à la peinture des signes conventionnels variés, selon que la nature de la mangeaille dénonce ou non l'altération du membre ou du bordage, ou n'indique qu'un résultat douteux.

D'autres pièces doivent être visitées avec d'autant plus de soin que ce sont des pièces de liaison. On perce un trou oblique à l'extrémité de chaque barrot, à son portage sur la bauquière ; les fourrures de gouttière doivent être sondées de mètre en mètre ; les porques, carlingues, marsouins, carlingues de machines et de chaudières, les parties accessibles de l'étrave et de l'étambot, les bossoirs, remplissages et taquets de bittes, les emplantures des mâts, les porte-haubans doivent être visités de la même manière. Enfin on doit s'assurer de l'épaisseur des ponts, usés par le briquage, et surtout aux endroits plus spécialement fatigués, tels que le voisinage des panneaux de descente, le portage des chaînes. On estime qu'une campagne de trois ans use un bordé de 15 à 25 millimètres, et que tout bordage réduit de moitié doit être changé.

Points à sonder d'une manière spéciale. — L'expérience indique que certaines parties, sujettes à une détérioration rapide, doivent être l'objet de soins particuliers. Telles sont celles où l'air ne circule pas, et qui sont soumises à des fatigues spéciales, les allonges d'écubiers, les renforts de bossoir, les taquets de bittes, les étambrais du cabestan, les remplissages au droit des porte-haubans, et les régions particulièrement humides, le dessous des sabords, les passages des tuyaux des bouteilles, des dalots, le bordé sous les tuyaux d'orgue. La membrure au tournant de la cale est souvent, à cause de la forte courbure nécessaire, faite en bois moins sévèrement choisi ; elle devra être sondée spécialement. Enfin on examine avec soin le bordé intérieur et la membrure dans les soutes à charbon et à biscuit, où l'absence de renouvellement d'air, et la présence d'un doublage métallique amènent rapidement la pourriture ; presque toujours le vaigrage s'y détériore promptement, et il convient de le renouveler, avant que le mal ne soit communiqué à la membrure.

Visite par délivrance. — La visite à la tarière ne peut donner que des indications approximatives ; dès que les résultats qu'elle fournit, ou des renseignements antérieurs, donnent lieu de prévoir une détérioration sérieuse, il est indispensable de la compléter par la délivrance de pièces, choisies aux positions les plus suspectes, parmi celles qui sont les moins coûteuses à remplacer, et qui donneront lieu au moins de travaux accessoires, démontage de menuiserie, de tuyautage, repoussage de chevilles, etc. On délivrera donc des pièces d'entre-sabord, et, si le bâtiment est à l'eau, quelques pièces de bordé, formant la longueur totale du bâtiment, et situées au moins à $0^m,50$ au-dessus de la flottaison. Des auvents en bois seront établis, dès qu'on aura sondé les membres au ciseau, pour les protéger contre la pluie. A l'intérieur, on procédera de même, en ayant soin de ne pas ébranler les chevilles situées sous l'eau, en démolissant le vaigrage.

Une fois le bâtiment entré au bassin, on complétera la visite, en délivrant une virure de

(1) Circulaire du 24 octobre 1885.



l'exposant de charge, en dédoublant de distance en distance, et en décrochetant en ces endroits le calfatage ; on visitera également avec le plus grand soin la partie immergée de l'étrave et de l'étambot, et la quille. On examinera si les armatures d'étambot et le chevillage en général n'ont pas pris de jeu. On aura soin de se borner aux ouvertures strictement nécessaires pour apprécier l'état de la coque, et on se gardera de tout dégât « ayant pour conséquence forcée soit un radoub du navire, soit sa condamnation (1) ».

Relevé de la visite. — Toutes les indications obtenues sont portées sur un relevé général, indiquant le nombre de trous reconnus bons, mauvais et douteux, dans les différentes parties de la coque. Pour la membrure et le bordé, il sera toujours bon de faire un diagramme (*pl.* 162, *fig.* 959), représentant la division des membres et des bordages, et d'y reporter les trous de sondage mauvais, afin de pouvoir juger de leur groupement, et des points sur lesquels devra porter la réparation.

Visites prescrites par le Veritas et le Lloyd. — Les navires, cotés sur les registres du Veritas et du Lloyd, subissent en présence des experts délégués par ces sociétés, des visites à l'expiration de chaque cote. Nous citerons comme exemple les prescriptions du Veritas, pour la visite des navires qui passent de la cote $\frac{3}{3}$ à la cote $\frac{5}{6}$.1.1.

« Le navire sera placé dans un bassin sec, ou sur des tins, ou abattu en carène ; la cale sera débarrassée et nettoyée ; des échafaudages convenables seront établis tant à l'intérieur qu'à l'extérieur ; les abouts des bordages seront grattés à blanc, ainsi que toutes les parties que l'expert pourrait désigner. L'expert visitera toutes les parties principales du navire, y compris le guindeau ; il fera dépasser des chevilles et des gournables, en quantité suffisante, et dans tous les cas il fera dépasser des gournables dans les bouchains, pour s'assurer qu'elles n'ont pas fatigué ; il examinera avec soin les chevilles qui traversent les bordages de la flottaison (si les chevilles sont en fer, et si on ne peut les dépasser, les parties ainsi fixées seront rechevillées, si l'expert le juge nécessaire), celles de collet des courbes et les bordages extérieurs qu'elles traversent ; il visitera les bouts des barrots, en les sondant à la tarière.

« Pour la visite de la membrure, il fera à l'intérieur une ouverture par des listons de 7 à 10 centimètres de largeur, à mi-distance entre la virure d'aération sous la bauquière et la carlingue, sur un tiers de la longueur du navire, à chaque extrémité et des deux bords. Lorsque les vaigres d'empature auront 13 centimètres d'épaisseur, et au delà, dans cette partie, cette ouverture se fera dans le premier bordage au-dessus des serres d'empature, et, dans ce cas, il sera délivré un deuxième liston de même largeur dans le premier bordage au-dessous des serres d'empature, ayant pour longueur un tiers de la longueur du navire, à chaque extrémité et des deux bords. Les ouvertures faites antérieurement pourront servir pour cette visite.

« S'il y a des indices de carie sèche ou de pourriture, l'expert fera, s'il le juge nécessaire, lever des bordages aux endroits attaqués, et continuera les ouvertures suivant l'étendue du mal, en les prolongeant au besoin de l'avant à l'arrière.

« Pour la visite des hauts, l'expert fera lever, à l'extérieur, des bordages dans les hauts, dans une longueur au moins égale, pour les deux bords réunis, à une virure de l'avant à l'arrière, ou il fera dépasser une gournable dans chaque troisième membre, dans chacune des trois virures contiguës, au-dessous des chevilles de cadène des haubans, et dans toute la longueur du navire. A défaut

(1) Circulaire du 18 octobre 1885.

de gournables, l'expert pourra faire percer un nombre équivalent de trous de gournables de grandeur réglementaire.

« Pour les navires ne faisant que le cabotage, et n'excédant pas $4^m,27$ de creux, ces ouvertures pourront être faites par listons. Il fera ouvrir dans tous les cas sous la voûte, à mi-distance entre le terme et l'étambot, pour visiter la lisse d'hourdy et les barres d'arcasse.

« S'il y a des indices de carie sèche ou de pourriture, l'expert fera lever des bordages dans les hauts, dans une longueur au moins égale, pour les deux bords réunis, à une virure de l'avant à l'arrière. Si la membrure ou le bordé sont atteints de carie sèche ou de pourriture, l'expert fera lever des bordages aux endroits attaqués, et continuera les ouvertures, suivant l'étendue du mal, en les prolongeant au besoin de l'avant à l'arrière et des deux bords.

« On aura soin de ne pas lever de bordages ou de dépasser des gournables en face des virures d'aération, ces ouvertures ne pouvant être admises pour la visite.

« L'expert devra aussi s'assurer de l'état du gouvernail et de ses dépendances, de celui des pompes, des embarcations, de la mâture, du gréement, etc.

« Si les chevilles de la quille sont en fer, et si on ne peut les dépasser, la carlingue sera rechevillée avec la quille, à moins que cela n'ait été fait dans une visite précédente. »

Marche à suivre dans la réparation. — Certaines pièces peuvent être remplacées sans grand dégât. Les barrots mauvais pourront être changés, en soulevant les fourrures de gouttière, et, si la muraille a trop de rentrée, en mettant des barrots d'assemblage. Le bordé des ponts est facile à changer en tout ou partie, et, dans ce dernier cas, on mettra les parties neuves à l'épaisseur des parties demi-usées que l'on conserve. Il en est de même des bordages extérieurs et intérieurs. La membrure au contraire ne peut être renouvelée qu'en démolissant le bordé extérieur ou intérieur qui la recouvre.

Si la pourriture de la membrure a marché d'une manière à peu près uniforme dans toutes les parties de la coque, il n'y a rien à faire sans une dépense exagérée relativement au but à atteindre. Il n'en est généralement pas ainsi, et, quand le dépérissement est prématuré, il est souvent localisé dans des sortes de foyers de pourriture, correspondant aux points que nous avons indiqués comme spécialement suspects. Souvent aussi des portions ajoutées après coup, et construites hâtivement avec des bois frais, ont été sujettes à une pourriture spéciale et rapide. Tel est le cas des navires à voiles transformés en navires à hélice par changement de l'arrière, et quelquefois par l'addition d'une tranche centrale.

Il ne convient pas de chercher à supprimer toutes les pièces attaquées ; à côté d'elles se trouvent des pièces saines au moment du radoub, et qui ne tarderont pas à dépérir ; il faut se borner aux membres mauvais et rassemblés, et étudier, avant de mettre hache en bois, quelles sont les pièces saines dont elles entraîneront le déplacement, et presque toujours la destruction.

Un dernier élément d'appréciation, qui doit intervenir dans la décision à prendre, et que nous n'avons pas à étudier ici, c'est l'état de la machine, des chaudières, et surtout la valeur militaire ou commerciale qu'a encore le navire, eu égard aux progrès de toute nature réalisés depuis sa construction.

Le changement de la membrure se fait généralement par l'extérieur dans les hauts, la présence des ponts nécessitant beaucoup de dépenses, si on voulait opérer par l'intérieur. On est obligé de délivrer le bordé sur la hauteur des allonges à changer, et beaucoup d'accessoires, porte-haubans, porte-manteaux, ferrements divers. Quand la muraille est droite, on peut quelquefois couler des bouts d'allonges, en enlevant les bastingages et le plat-bord. Si les lattes sont extérieures, on est



obligé de les couper, et de remettre ensuite le morceau enlevé, en le réunissant par des couvre-joints, rivés en maille aux parties voisines. Si les lattes sont intérieures, il suffit d'enlever les vis qui les attachent à la coque.

Dans les fonds, il convient plutôt, si on ne se trouve pas en face des vaigres d'empature, de changer les allonges par l'intérieur; le vaigrage est souvent pourri, et a en tout cas moins de valeur que le bordé extérieur. Le changement des pièces de quille, d'étrave et d'étambot n'offre aucune difficulté spéciale, sauf le repoussage des chevilles de quille, qu'il faut souvent couper; on peut mettre les pièces neuves en place, en ne démolissant le bordé que d'un côté.

Le changement du bordé n'exigeant pas toujours sa démolition, il vaut mieux repousser les chevilles, qui le lient à la membrure, et enlever intactes les pièces qui pourront resservir en grossissant un peu le diamètre des chevilles, ou qui pourront être employées à d'autres usages.

Quand le bordé n'a que des avaries locales, l'addition d'un placard, couvrant une partie de sa surface extérieure sur un tiers de sa profondeur au maximum, de romaillets, remplaçant le bordage sur toute son épaisseur, et sur un tiers au plus de sa largeur, suffira; on les cloue et on les calfate solidement. Enfin, en cas d'avarie grave du bordé des fonds, que l'absence d'un bassin ne permettrait pas de réparer, nous indiquerons comme moyen provisoire l'introduction dans les mailles de ciment hydraulique; on peut facilement arrêter de cette façon des voies d'eau causées par les tarets.

Voies d'eau. — La recherche des voies d'eau offre généralement d'assez grandes difficultés, quand elles ne résultent pas d'une avarie locale, dont on connaît l'emplacement. Il suffit d'une cheville qui a du jeu, ou d'un point où le calfatage a été négligé, pour que l'eau passe entre la membrure et le bordé, et vienne traverser le vaigrage, en un point souvent assez éloigné de son origine.

Il faudra toujours évaluer l'importance de la voie d'eau en l'abandonnant à elle-même, et faisant sonder périodiquement. On pourra quelquefois se rendre compte de sa position, en appliquant l'oreille contre le bord dans un moment de silence; on peut de cette manière entendre le bruit que fait l'eau en entrant. Si après avoir laissé monter le niveau dans la cale, on s'aperçoit d'une diminution de la voie d'eau, on en conclura qu'il a dépassé la hauteur de son origine. Si la voie d'eau, à la mer, diminue quand on réduit la voilure, on en conclura qu'elle est sous le vent et à la flottaison. On délivrera de distance en distance des romaillets dans le vaigrage, et on cherchera à remonter le courant; on devra rechercher particulièrement si la voie d'eau n'a pas pour origine la rupture d'un des manchons de prise d'eau, ou du tube d'étambot; on devra aussi considérer comme suspectes les chevilles, qui fixent sur la coque les armatures de l'arrière; ces chevilles ne peuvent être garnies d'une cravate d'étoupe, et sont soumises à de forts ébranlements, qui peuvent leur donner du jeu.

Importance du radoub. — Dans la marine à voiles on évaluait de la manière suivante l'importance des diverses parties de la coque :

TABLEAU



Importance relative des diverses parties des coques en bois.

	BATIMENTS à batterie barbette.	FRÉGATES.	VAISSEAUX à deux ponts.
Membrure	0,37	0,38	0,37
Bordé	0,23	0,22	0,21
Vaigrage.	0,18	0,17	0,17
Faux-pont	0,09	0,06	0,04
Batterie basse	»	0,10	0,08
Batterie haute	»	»	0,07
Gaillards.	0,13	0,07	0,06

D'après ces bases, et la portion de chacune des subdivisions précédentes, dont on supposait le changement nécessaire, on déterminait le nombre de vingt-quatrièmes de la construction neuve d'un bâtiment identique, équivalent au radoub, lequel n'avait pas lieu en général, s'il devait dépasser douze vingt-quatrièmes.

Aujourd'hui on apprécie les réparations, comme l'état d'avancement d'un navire, d'après le nombre de journées à y dépenser; il est toujours utile d'en faire un devis aussi approché que la nature du travail le permet, et de calculer également la valeur des matières et des frais accessoires.

Visite des navires en fer. — La visite des bâtiments en fer se fait avec moins de temps et de dépense que celle des navires en bois, et fournit des résultats moins aléatoires. La plupart du temps les pièces principales de la coque, quille, étrave, étambot, membrure, durent fort longtemps, et sont, sauf le cas d'échouage ou d'abordage, en bon état; la visite devra donc porter sur le bordé, les varangues et les parties en bois de la coque.

Le bordé est d'abord soigneusement gratté à l'intérieur et à l'extérieur, pour faire tomber les croûtes d'oxyde et la peinture; puis on le sonde en frappant de distance en distance avec la panne d'un marteau; une oreille exercée se rend facilement compte des points faibles, et de l'épaisseur approximative des tôles. On doit examiner spécialement le bordé des fonds, dans le voisinage du pied des pompes; les crépines, si elles sont en cuivre, donnent souvent lieu à une oxydation très rapide.

Si ce premier examen ne suffit pas, on percera sur chaque tôle quelques trous au bédane, et on mesurera l'épaisseur au palmer; le trou sera plus tard bouché avec un rivet. Les épaisseurs ainsi mesurées sont reportées sur un diagramme (*pl.* 162, *fig.* 960), afin d'étudier plus facilement l'affaiblissement constaté, et sa répartition. On change habituellement les tôles qui ont perdu un tiers de leur épaisseur, et on les remplace par des tôles plus fortes, mais sans atteindre les échantillons primitifs de la construction; l'enlèvement des rivets, qui les réunissent aux tôles voisines et aux membres, n'offre aucune difficulté.

Si on constate seulement des dégradations locales, telles que fentes, points profondément rongés, on délivre la surface nécessaire, et on la remplace par un morceau de tôle neuve, que l'on rive à couvre-joint intérieur; on peut quelquefois se contenter d'un placard, recouvrant la partie avariée, en interposant entre le placard et la tôle une bonne couche de minium. Souvent enfin la

réparation se borne au changement d'un certain nombre de rivets, dont les têtes sont oxydées, ou même complètement guillotinées.

L'évaluation de la dépense est plus facile que pour les bâtiments en bois; on peut se baser sur le poids de matière à enlever et à mettre en place, en comparant la réparation à faire à des réparations antérieurement faites. Il ne faut pas négliger d'y ajouter de nombreuses dépenses accessoires, que la réparation peut entraîner, telles que le démontage des cloisons, de la menuiserie, du bordé des ponts, des prises d'eau, etc... Ces dépenses entrent souvent pour une forte part dans le total.

Démolition des navires. — Le navire, une fois hors de service, doit être démoli, et on cherche à tirer le meilleur parti possible de tous ses éléments. Quelques-uns d'entre eux peuvent servir de nouveau pour la construction de bâtiments de servitude; la plupart sont versés aux Domaines, pour être vendus.

On commence par démonter tous les accessoires de coque, gouvernail, cabestan, bittes, chemins de fer, ferrures diverses. Un certain nombre de ces objets sont réglementés, et peuvent passer d'un navire à l'autre après remise en état; d'autres, spéciaux au bâtiment, devront être modifiés ou condamnés.

On dévisse, ou on déboulonne ensuite le bordé des ponts, et on le soulève avec des coins; il peut généralement servir pour des installations de chantier. On commence alors à flot la démolition proprement dite de la coque; on la pousse aussi loin qu'il est possible sans que le bâtiment risque de couler, et celui-ci déjaugeant au fur et à mesure qu'on enlève les hauts, on peut n'avoir plus à haler sur cale que la partie inférieure des œuvres vives.

Les barrots et leurs courbes, le bordé, le vaigrage des hauts, peuvent être retirés en repoussant les chevilles; on les conserve en assez bon état. On descend graduellement tout autour du navire, et on démolit en même temps la membrure, qui généralement n'est bonne qu'à fournir du bois de feu. Les fonds sont halés sur cale, ou démolis dans un bassin.

Le cuivre étant le produit principal de la démolition, des soins doivent être pris, pour empêcher que les chevilles repoussées, les clous ou le cuivre du doublage ne tombent à l'eau; une visite du fond au scaphandre, faite de temps à autre, permettra de retrouver ce qui sera tombé des échafaudages.

La démolition des navires en fer s'opère d'une manière analogue. Les barrots en fer doivent être enlevés avec soin; ils peuvent être quelquefois utilisés, au moins dans leur partie centrale, pour des installations d'atelier. Quant au bordé et à la membrure, ils ne peuvent guère servir qu'à la fabrication de tôles ou de fers profilés neufs. Aussi les coupe-t-on simplement à la tranche, par morceaux de dimensions qui les rendent facilement manœuvrables.

CHAPITRE XLI.

RENFLOUAGES. — RÉPARATIONS A FLOT. — ABATAGE EN CARÈNE.

Voies d'eau. — Les chocs infligés à la carène soit par un rocher, soit par le boulet, soit par l'éperon, peuvent avoir une importance telle, qu'il ne soit pas possible de se fier aux pompes à bras, ni même aux puissants engins à vapeur, dont on dispose aujourd'hui, à bord de tous les grands bâtiments, pour épuiser l'eau introduite. On doit toujours chercher à aveugler la voie d'eau.

Sur les navires en bois, les trous, grâce à l'élasticité des fibres, se referment en partie d'eux-mêmes, si la charpente n'est pas disloquée : dans l'ancienne marine à voiles, les trous de boulet se bouchaient au moyen de tampons en bois, recouverts de plaques de plomb. Sur les navires en fer, la déchirure faite dans le bordé reste béante, et on ne peut restreindre l'arrivée de l'eau, qu'à l'aide de voiles ou mieux d'un paillet, que l'on cherche à appliquer à l'extérieur sur la brèche avec des cordages, et qui reste maintenu par la pression de l'eau. Sur ces bâtiments, la subdivision de la coque, par des cloisons et un vaigrage étanche, est le moyen le plus sûr de conserver au navire le moyen de flotter, mais non pas toujours la faculté de naviguer et de combattre, très compromise par les changements d'assiette, qui résultent toujours de l'invasion de l'eau.

Renflouage. — Si le navire, devenu impuissant à flotter, coule, divers moyens sont employés pour le relever, et tirer parti de la valeur encore considérable qu'il représente. Quand le bâtiment n'a pu se rapprocher de la côte, et a coulé par grands fonds, l'opération offre d'insurmontables difficultés; on ne peut guère la tenter par plus de 20 à 25 mètres de fond, car au delà le travail des scaphandres devient impossible.

L'un des moyens les plus fréquemment employés consiste à passer sous la quille du navire une série de chaînes, de section totale proportionnée au poids à soulever, et amarrées à chacun de leurs bouts sur des pontons, placés de chaque côté; les pontons sont immergés par l'introduction d'eau, et on raidit les chaînes; on épuise les pontons, et ils émergent en soulevant le navire. On est limité par le déplacement des pontons et par leur stabilité, que l'introduction de l'eau réduit rapidement.

Quand le navire échoué a une partie de son œuvre morte hors de l'eau, on peut chercher à rendre sa muraille étanche, ainsi que ses ponts, épuiser l'eau des capacités intérieures jusqu'à ce qu'il se soulève de lui-même. On peut, dans ce but, prolonger les murailles, si elles sont complètement immergées, par des panneaux rapportés, ou même, si les ponts sont très solides et étanches, surmonter les panneaux de cheminées, dépassant le niveau de l'eau.

On a essayé aussi, pour des navires profondément submergés, de les soulever au moyen de

grands sacs en caoutchouc, qui, une fois attachés au navire, sont gonflés d'air, et déplacent la quantité d'eau nécessaire pour le faire émerger.

Les procédés à employer varient à l'infini avec les circonstances locales. Nous allons passer en revue quelques exemples de ces opérations, toujours fort hasardeuses.

Renflouage du Mimbelli (M. l'ingénieur de la marine Clauzel). — Le Mimbelli, navire de commerce, coulé en rade de Toulon, fut relevé au moyen de deux petits transports, la Truite et la Perdrix. Ces flotteurs furent réunis par des chaînes passant sous la quille du Mimbelli, et maintenus à une distance de 12 mètres environ l'un de l'autre par des espars, qui les rendaient solidaires, et les transformaient en une sorte de ponton ; ils ne pouvaient prendre qu'une faible bande, rendue possible par la flexion des espars ; s'il en eût été autrement, l'opération n'aurait pu avoir lieu, la stabilité, réduite par le lest liquide, ne leur permettant de supporter qu'une charge de 6 à 7 tonneaux sur le côté, avec une bande de 10°, tandis que l'effort à faire s'est élevé jusqu'à 280 tonneaux. Pour faciliter l'action des flotteurs, on avait dégarni le Mimbelli de tout ce qu'on avait pu enlever sous l'eau ; on l'allégeait en outre au moyen d'un chaland renversé, et de barriques remplies d'air. Le remplissage des flotteurs ne pouvait se faire par les prises d'eau, de section insuffisante ; on a dû, pour introduire les 800 tonneaux d'eau nécessaires, employer de nombreux siphons, formés au moyen de manches en cuir, que l'on amorçait en les remplissant d'eau, et en bouchant leurs extrémités avec des tampons de bois suiffés. En employant des manches en cuir de 9 centimètres, on est arrivé, avec une différence moyenne de niveau de $1^m,60$, à un débit de 17 tonneaux environ par heure, c'est-à-dire à un rendement de 15 0/0 ; le débit tombait à 10 tonneaux, avec une différence de niveau de $0^m,60$. Le nombre des siphons étant insuffisant, on employa également au remplissage les pompes installées en vue du vidage des flotteurs.

L'opération dut être faite en plusieurs fois, le bâtiment étant retenu par la vase, dans laquelle il avait fait sa souille à une profondeur supérieure à la levée que permettaient les flotteurs. L'adhérence de cette vase diminuant progressivement, l'effort à fournir a décru dans une large mesure, au cours de l'opération ; ainsi au début cet effort était de 280 tonneaux ; l'eau une fois complètement épuisée, l'effort n'était plus que de 60 tonneaux. On voit combien il importe de tenir compte dans toutes les opérations de renflouage de cette sorte de succion qu'exerce un fond vaseux.

L'ascension de $1^m,93$, obtenue dans la première opération, ne permettant pas de faire sortir complètement le bâtiment du lit qu'il s'était creusé, on dut, après l'avoir amené sur un fond plus élevé, couler de nouveau les flotteurs.

Dans la seconde opération, l'effort final fut plus considérable, 140 tonneaux environ ; plusieurs barriques avaient crevé, d'autres étaient à fleur d'eau, ainsi que le chaland.

Le soulèvement total obtenu jusque-là était de $3^m,40$ environ ; une troisième opération, faite après un nouvel échouage sur un fond plus élevé, fournit une nouvelle ascension de 2 mètres, permit de ramener le navire dans le port, d'aveugler ses voies d'eau, et enfin de procéder à son épuisement. Une fois à flot, il fut mis au bassin, et rapidement réparé.

Renflouage du Phase (M. l'ingénieur de la marine Delacour). — Le Phase, paquebot des Messageries maritimes, s'échoua en 1858 sur la côte de Sardaigne, sur un fond irrégulier de rochers granitiques (*pl.* 162, *fig.* 961) ; le bordé fut déchiré sur une longueur de 20 mètres, les membres et les varangues repoussés à l'intérieur. Le navire, couché sur babord pendant six semaines, se déforma sensiblement ; enfin, ce qui ajoutait considérablement aux difficultés du renflouage, une tête de rocher faisait saillie à l'intérieur de la coque, et s'opposait à ce que l'on plaçât un revêtement supplémentaire étanche à l'extérieur.

On commença par décharger le navire au scaphandre, ce qui permit de l'alléger de 390 tonnes de marchandises. Puis on établit, partout où on le put à l'extérieur, un tamponnage formé de toiles, de couvertures et de matelas, et par l'intérieur on coula sur la surface du tamponnage (*pl.* 162, *fig.* 962) une couche épaisse de ciment de Vassy ou de la Nerthe. Sous les chaudières, on fit un massif en ciment, et entre le massif et la muraille, on coula un mélange de ciment et de chaux du Theil. La surface rocheuse, qui pénétrait dans la coque, avait été garnie, afin d'éviter que le ciment ne s'y attachât, et que, le navire se soulevant, l'adhérence de la roche et du ciment ne détruisît l'enveloppe artificielle ainsi obtenue.

Dans une première opération, on épuisa l'eau contenue dans le navire, au moyen de 14 pompes, dont le débit total était de 550 tonneaux. On constata que la cale arrière était étanche; il n'en fut pas de même de la cale avant, et on dut remettre l'opération définitive ; on se contenta de redresser le bâtiment, et on laissa l'eau rentrer.

Entre les deux opérations, on put garnir la brèche de la cale avant de planches épaisses (*pl.* 162, *fig.* 963), tenues extérieurement sur boulons, et d'une forte toile, qui recouvrait les planches.

La seconde tentative fut dirigée de la manière suivante. On vida d'abord la cale arrière, puis pour faire coller la toile par une succion rapide, on laissa écouler l'eau, au moyen d'un siphon, de la cale avant dans la cale arrière.

Le second épuisement réussit, le navire fut relevé; on l'enveloppa de deux chemises en toile, façonnées suivant ses formes, et, la machine ayant été rapidement mise en état, le Phase put être ramené à la vapeur à Marseille.

Renflouage du Saïgon (M. le directeur des constructions navales de Senneville). — La batterie flottante cuirassée le Saïgon, mouillée sur la Charente, incendiée le 15 novembre 1863, coula sur l'une des rives ; à mer basse, on ne découvrait qu'une partie du pont des gaillards et de la muraille de babord (*pl.* 159, *fig.* 964). L'examen des dégâts produits par le feu fit présumer que les fonds étaient intacts, et que les ravages les plus considérables devaient s'être produits dans la batterie; quoique les affûts eussent été brûlés, les revêtements n'étaient atteints que sur une profondeur de 5 centimètres; enfin on pensa que le bâtiment n'avait coulé que par l'introduction de l'eau, destinée à éteindre l'incendie, et finalement par l'immersion des sabords.

L'opération la plus délicate consista à fermer hermétiquement les sabords immergés ; un faux mantelet (*pl.* 159, *fig.* 965-966), garni de feutre et de peinture en pâte, était présenté par l'extérieur, et vigoureusement souqué par trois palans, que des plongeurs avaient préalablement passés à mer basse, et que l'on venait tourner aux crocs à canon du côté émergé. On boucha soigneusement les écubiers, prises d'eau, trous d'itagues de sabords, etc., au moyen de tampons de bois, garnis d'étoupe et de feutre suiffé.

Dans un essai préliminaire, le dernier sabord de babord ayant été fermé au commencement du flot, la charge d'eau qui en résulta déprima fortement le pont des gaillards, et on eut lieu de craindre ou que l'opération finale ne réussît pas, par suite des rentrées d'eau, ou même que le bâtiment ne fût complètement perdu. On consolida ce pont en le faisant supporter par celui de la batterie, barroté en partie en fer, au moyen de nombreux vérins et épontilles.

L'opération finale fut commencée à marée descendante, au moyen d'une série de pompes, pouvant épuiser 600 tonneaux à l'heure. Le mouvement de relèvement se produisit graduellement à partir de la mer basse, par l'effet simultané de l'élévation de la mer et de l'épuisement intérieur,



entravé toutefois par la présence d'une grande quantité de vase, qui pendant douze jours s'y était accumulée.

Renflouage du Richelieu. (MM. les ingénieurs de la marine Cousin et Korn). — Le Richelieu coula dans l'arsenal de Toulon le 27 décembre 1880, à la suite d'un incendie comme le Saïgon ; l'introduction d'eau dans la cale par les prises d'eau le fit à la fois remplir, et tomber sur le flanc de tribord, les ponts étant sensiblement verticaux. Le bâtiment reposait sur les deux tourelles de tribord et sur le can inférieur de la cuirasse, l'axe à peu près horizontal, par une profondeur moyenne de 10^{m},75 ; les écoutilles par suite étaient complètement submergées. Les ravages visibles de l'incendie se réduisaient à la destruction de la plus grande partie du pont, sur l'arrière du réduit ; quelques vaigres étaient carbonisées. Les chaudières de babord s'étaient légèrement déplacées ; enfin les pièces des tourelles de babord étaient tombées à l'eau.

Les dispositions générales suivantes furent adoptées pour le sauvetage. Pour alléger le navire, on débarqua l'artillerie, la mâture, les projectiles, et en général tous les poids mobiles de quelque importance, situés au-dessus du faux-pont supérieur.

Pour abaisser le centre de gravité (*pl.* 163, *fig.* 967-968), on démonta la cuirasse des tourelles de tribord, et un poids équivalent de vieilles plaques fut fixé dans les façons avant et arrière, ce qui fit descendre le centre de gravité de 0^{m},78. Trois cents tonneaux de lest, répartis dans 28 caissons, furent suspendus sur le flanc de babord, de manière à reposer sur le fond, quand le bâtiment se serait redressé de 25° ; 360 pièces de 4, et 34^{m3} de liège furent installés en chapelet du même côté, de manière à entrer dans l'eau au même moment, et à modérer la tendance au redressement, exagérée au début pour vaincre l'adhérence de la vase.

Pour favoriser et modérer le mouvement, on installa 8 caliornes, devant faire un effort de 50 tonnes ; 4 caliornes de redresse étaient actionnées par le ponton-mâture l'Andromaque ; 4 caliornes de retenue avaient leurs points fixes sur une frégate à voiles, la Sibylle, placée de l'autre bord.

Toutes les ouvertures extérieures furent soigneusement fermées ou tamponnées, avec joint de suçon. Le pont des gaillards fut reconstitué, au moyen de barrots supplémentaires en bois, soutenus par des hiloires épontillées sur la batterie ; un bordé de 8 centimètres remplaça les parties détruites ; un doublage de 6 centimètres recouvrit les parties non altérées ; le tout fut garni de couvertures suiffées, et d'une forte toile. Toutes les écoutilles inutiles furent fermées par un panneau, formé de bordages croisés avec couverture interposée. Le panneau, une fois en place, fut, comme le reste du pont, recouvert de laine suiffée et de toile.

Les écoutilles, au nombre de trois, destinées à recevoir les tuyaux des pompes, furent garnies d'une cheminée oblique, composée de tronçons, démontables au fur et à mesure du redressement du navire, sans quoi les tuyaux d'aspiration auraient dû avoir une énorme longueur. Les pompes installées sur la frégate la Sibylle se composaient : 1° de deux pompes rotatives Dumont, débitant chacune 1400 tonneaux à l'heure ; 2° d'une pompe rotative, provenant du Tourville, donnant 550 tonneaux. Les tuyaux d'aspiration étaient formés d'une partie fixe et d'une partie flexible ; les tronçons de 3 mètres, les uns en tôle, les autres en toile caoutchoutée, étaient assemblés par des boulons articulés, et une rondelle de caoutchouc à section elliptique. On ajouta deux pompes supplémentaires, donnant l'une 125, l'autre 75 tonneaux ; le débit total était donc de 3550 tonneaux. Enfin toutes les vannes de communication des compartiments furent ouvertes.

Des calculs très détaillés de stabilité avaient été faits : 1° par mer moyenne, en supposant l'adhérence nulle, ou une adhérence de 1000 tonneaux sur le fond ; 2° par hautes et basses eaux,

(différence 1 mètre). La coque pesait 7500 tonneaux, et contenait environ 9200 tonneaux d'eau. En supposant l'adhérence nulle, un épuisement de 3330 tonneaux produit un redressement, qui se continue de lui-même jusqu'à 15° de la verticale. La continuation du pompage fait retomber le bâtiment sur tribord en le soulevant, si on ne supprime pas l'action du chapelet de barriques. L'effort des caliornes de redresse, toujours inférieur à 200 tonneaux, atteint son maximum à 58°.

Les opérations furent faites en une journée et demie, sans autre incident notable que des désamorçages fréquents des pompes ; vingt minutes après le commencement de l'opération, le redressement devenait sensible ; au bout d'une heure et demie, le navire roulant sur le fond s'était redressé de 45°.

Dans une seconde opération, on parvint à ramener le navire à 10° de la verticale ; cette bande inattendue ne put être supprimée qu'en envoyant des plongeurs ouvrir des vannes, que l'on croyait déjà ouvertes, et qui retenaient de l'eau dans un compartiment latéral de la coque.

Renflouage du Raphaël (MM. Tay et Cie) (1). — Le navire le Raphaël fut coulé en 1881 dans le port de Marseille par la Ville de Rome, paquebot de la Compagnie transatlantique ; sa muraille fut défoncée par le travers du mât de misaine, et l'eau pénétra par une brèche large de $1^m,25$ dans le haut, et haute de 4 mètres. Le navire coula en 40 minutes, à peu près droit, et s'échoua sur un fond à $8^m,50$ au-dessous des eaux moyennes, en faisant une souille de $1^m,30$. Le bout de l'étrave, les mâts, la chambre de veille émergeaient seuls.

Pour relever le navire, on commença par battre de chaque côté trois lignes parallèles de pilotis de 17 mètres de longueur (*pl.* 164, *fig.* 969-970), dont la tête dépassait de $1^m,30$ le niveau de l'eau ; ces pilotis étaient au nombre de 47, sur la ligne la plus rapprochée du navire. Ils furent rendus solidaires par des moises, qui réunissaient toutes les têtes d'une même ligne, et par un treillage oblique transversal, composé de madriers. On plaça ensuite une série de traverses, qui reposaient sur les têtes des pilotis et les moises, et qui passaient au-dessus du navire. En même temps on entourait la brèche d'un encaissement épais de 4 centimètres, rempli de mousse.

Sur chaque traverse, dans le voisinage de la rangée des pilotis extérieurs, passait une vis, retenue par un fort écrou, dans lequel on pouvait engager des barres de cabestan ; les deux vis d'une même traverse étaient réunies par une chaîne, passée sous la quille en creusant un canal dans la vase ; les chaînes étaient au nombre de 25, leur calibre variant de 40 à 44 millimètres. L'action simultanée de toutes les vis permit de soulever assez le bâtiment, pour faire sortir le plat-bord de l'eau, et permettre le pompage, afin de diminuer l'effort à vaincre ; le Raphaël fut ensuite échoué au bassin et réparé définitivement. L'opération de relevage dura 70 jours, en y comprenant les travaux préliminaires.

Renflouage du Pascal (M. l'ingénieur de la marine Bertin). — Le renflouage du Pascal (1874) diffère des précédents ; il s'agissait de faire flotter ce navire, échoué au cap de la Hague, à peu de distance de Cherbourg, de manière à pouvoir l'amener dans ce port. On y parvint, non pas en le rendant étanche, ce que l'importance des avaries rendait impossible, mais en le faisant flotter sur son pont.

Les dimensions principales du Pascal sont :

Longueur	$91^m,20$
Largeur.	10,10
Creux	8,00
Déplacement	3400 tonneaux

(1) Voir Bulletin de la Société scientifique et industrielle de Marseille, 1882.



La déchirure produite par l'échouage et l'arrachement du brion (*pl.* 164, *fig.* 971) avait permis l'irruption de l'eau dans la cale avant, séparée de l'arrière par une cloison étanche, qui avait résisté à la pression de l'eau.

En même temps qu'on enlevait de la cale avant la partie supérieure du chargement, on plaça de nombreuses épontilles supplémentaires entre le faux-pont et le gaillard, afin de reporter sur celui-ci une partie de l'effort de poussée vertical, qu'on obtint en engageant sous le faux-pont 50 pièces de 250 litres dans le coqueron avant, et 100 pièces de 500 litres dans la cale avant. Puis on ferma hermétiquement les écoutilles, au moyen de panneaux faits à faux frais, et vigoureusement épontillés contre les gaillards.

En même temps, pour relever un peu l'avant, on avait chargé l'arrière de 25 tonneaux de lest en gueuses, et rempli d'eau un compartiment étanche situé à l'arrière.

A la marée, le déplacement des barriques souleva l'avant ; le pont résista à la poussée verticale, et le navire flotta avec un tirant d'eau de 7m,50 à l'avant, et 4 mètres à l'arrière (*pl.* 164, *fig.* 972); il put être remorqué à Cherbourg, et échoué dans une forme. Là on constata des avaries plus graves qu'on ne l'avait supposé, et dues non seulement à l'échouage, mais encore aux chocs que l'avant avait subi, dans l'intervalle qui avait précédé le renflouage : le brion était enlevé, et une brèche de 12 mètres de long ouvrait le bordé à l'avant. Quelques déchirures de moindre étendue se trouvaient plus à l'arrière ; 28 membres étaient cassés.

Une réparation provisoire fut faite à Cherbourg, pour permettre au navire de rentrer en Angleterre ; on remplaça l'étrave avariée par une étrave et un bout de quille en bois, sur lequel on plaça de fausses membrures en bois, après avoir coupé les membres tordus et les parties du bordé en tôle, qui faisaient saillie ; on recouvrit le tout d'un bordé en bois, se prolongeant sur les parties saines du bordé en tôle, et arrêté à une pièce en bois boulonnée, et formant feuillure.

Renflouage de l'Austral (M. Standfield) (1). — L'Austral, navire de l'Orient Steam Navigation C°, de 138 mètres de long et de 5588 tonnes, coula à Port-Jackson (Australie) en 1882. On avait vidé le water-ballast, avant d'embarquer un chargement de charbon ; pendant qu'on mettait le charbon à bord, le navire prit de la bande, l'eau entra par les sabords, et l'Austral coula par 15 à 16 mètres de fond, avec une inclinaison de 11° sur tribord.

Le renflouage fut opéré par épuisement intérieur ; on commença par prolonger les murailles jusqu'au-dessus du niveau de l'eau (*pl.* 163, *fig.* 973). Pour cela, on construisit des panneaux en bois de 9 mètres de haut, sur 4m,80 de long, formés de montants verticaux de 30 × 30 centimètres, espacés de 2m,45, reliés par des barrots de 30 × 30 centimètres, reposant sur des épontilles de 15 × 15 centimètres ; un bordé de 10 centimètres recouvrait les montants. Des longrines et des cornières reliaient les différents panneaux, qui étaient en outre accorés contre les mâts et le pont, par des arcs-boutants obliques.

La surface extérieure du caisson ainsi formé, qui avait 125 mètres de long, et qui était fermé par une cloison transversale à chaque extrémité, et divisé en deux par une troisième cloison, n'était pas calfatée, mais recouverte d'une toile à voile, clouée lâche sur le bordé, que la pression de l'eau devait appliquer dans tous les joints. Six navires placés sur les côtés portaient des pompes, débitant 13800 tonneaux d'eau à l'heure.

Dans une première opération, qui dura deux heures et demie, on redressa le navire ; puis on s'occupa de boucher les panneaux restés ouverts ou brisés, de fermer les portes des cloisons étanches. Dans une seconde opération, qui dura une heure et demie, on le souleva assez pour venir l'échouer

(1) Minutes of Proceedings of the *Institution of Civil Engineers*. (Vol. LXXIV.)

sur le rivage, et pour pouvoir enlever la superstructure à marée basse; il suffit alors de continuer l'épuisement, pour compléter le renflouage.

Suçon. — Quand on a une avarie locale à réparer sous l'eau, on peut quelquefois employer un suçon; cet appareil se compose d'une caisse en bois ouverte à la partie supérieure, dont un des côtés est taillé de manière à s'appliquer exactement sur les formes de la carène; il doit recouvrir toute la partie à réparer, et être assez large pour que le travail puisse s'y faire.

Le suçon est garni, sur toute sa surface d'application, d'un fort bourrelet d'étoupe; tous ses bordages sont soigneusement calfatés; on le leste et on l'amène avec des palans à la position convenable; on l'applique, et on épuise l'intérieur avec des pompes. La pression de l'eau écrase le bourrelet d'étoupe, et fait l'étanche.

Au début des navires à vapeur, pour pouvoir visiter l'hélice et son coussinet, sans entrer au bassin, on employait des suçons (*pl.* 165, *fig.* 974), qui épousaient les formes de la carène un peu sur l'avant de l'étambot. Le nombre actuel des bassins dont on dispose a rendu inutile l'usage de cet appareil.

Mais le suçon peut utilement servir pour des réparations en cours de campagne, chaque navire possédant, ou pouvant se procurer facilement les matériaux simples, bois, clous, étoupe, que sa confection nécessite. Nous citerons comme exemple de réparation de ce genre faite en mer, la réparation de l'étrave de l'Eurydice, brisée en 1873 par la rencontre de glaces flottantes; un suçon permit de changer la pièce avariée. Le bordé extérieur fut réparé de la même manière, avec le même suçon, dont l'ouverture avait été modifiée.

Nous indiquerons également, comme exemple d'un travail plus important, le transport la Corrèze, échoué en 1870 à Gorée, et réparé par M. l'ingénieur de la marine Daymard, au moyen d'un suçon de très grande dimension, 4 mètres de long sur $1^{m},20$ de largeur.

La Corrèze avait touché sur un plateau de roches; soit dans l'échouage lui-même, soit dans les efforts faits pour la déhaler, elle avait reçu les avaries suivantes, disséminées sur toute la longueur (*pl.* 166, *fig.* 975). Le brion était cassé sur la hauteur du tableau, la quille mâchée à la suite sur une hauteur variable. A l'arrière, un peu à l'avant de la cage, la quille était mâchée jusqu'à la râblure; sur toute la longueur, la fausse-quille était enlevée et la quille détériorée. Ces avaries furent réparées en coupant au scaphandre les chevilles de cuivre rebroussées, puis en recouvrant l'étrave et la quille d'une enveloppe en feutre prenant les deux bords, et par-dessus d'une enveloppe en cuir mou et très épais, débordant le feutre, et tenue par des clous très rapprochés.

En divers endroits, les bordages avaient été crevés et mâchés sur une étendue restreinte, mais donnaient lieu à de fortes voies d'eau; ces avaries avaient été réparées provisoirement, pour pouvoir épuiser le navire, en bourrant les trous avec des couvertures, en clouant par-dessus soit du plomb, soit du cuir, et en quelques endroits des bordages minces. On compléta la réparation dans le suçon, en clouant par-dessus du cuivre à doublage, et en certains endroits des bordages de $3^{cm},5$, recouverts de cuivre.

Enfin la plaie principale, placée à tribord dans les fonds pleins, consistait dans la destruction presque complète des bordages, sur une longueur de 20 mètres, et sur 1 mètre de largeur. C'est pour la réparer qu'on construisit le suçon (*pl.* 165, *fig.* 976-977), formé de deux plans de bordages minces, et fermé à ses extrémités par des panneaux, taillés suivant la forme du maître-couple, et consolidés par des écharpes obliques. Des pompes rotatives, placées dans le faux-pont et la batterie, et actionnées par deux locomobiles, puisant l'une dans le suçon, l'autre dans la cale, et une pompe à bras, placée à l'extérieur, servirent à le faire appliquer. La réparation de cette grande avarie fut



faite en coupant le cuivre rebroussé, en bourrant le vide avec de l'étoupe suiffée, retenue par des feuilles de feutre, puis des lattes en bois, enfin en appliquant sur le tout un doublage de feutre, et enfin du cuivre.

Ajoutons que le safran du gouvernail était mâché sur 1 mètre de haut environ, l'aiguillot inférieur cassé, quelques autres avariés, et que la mèche était faussée en deux endroits.

Abatage en carène. — L'abatage en carène, employé longtemps comme principal moyen de radoub des œuvres vives des bâtiments, n'a plus lieu aujourd'hui que dans les ports de commerce, et pour les navires à voiles. Les poids considérables, placés au fond des cales des navires à vapeur, poids que l'on ne peut mettre à terre comme l'artillerie et le lest des anciens vaisseaux, causeraient à la coque des fatigues considérables, et nécessiteraient des appareils extrêmement puissants. Il en résulterait de plus des déformations, qui dénivelleraient la machine, détruiraient l'étanchéité du tuyautage. La construction de bassins, sur les principaux points de relâche du globe, permet aujourd'hui les réparations des grands navires dans des conditions de commodité et de rapidité bien meilleures. Il est cependant utile de connaître cette opération, que l'on peut avoir à exécuter, au moins sur de petits bâtiments, dans des pays dénués de toutes ressources.

L'abatage en carène consiste à incliner le bâtiment, en faisant effort sur la tête des mâts, au moyen d'apparaux prenant leur point d'appui, soit sur des points fixes à terre, soit sur un ponton ou radeau lesté. On abat le bâtiment successivement sur les deux bords, jusqu'à éventer la quille, si c'est nécessaire. L'effort à faire, ou plutôt le couple à développer, se calcule facilement au moyen de la courbe de stabilité; il est égal à $P(r - a) \sin \theta$, P et r correspondant à la situation de déjaugement, à laquelle on aura amené le bâtiment, θ étant l'angle d'inclinaison auquel on veut parvenir.

On doit préalablement débarrasser le navire de la plus grande quantité possible de poids mobiles, canons, chaînes, lest, vivres, afin de diminuer l'effort à faire, et rendre la cale accessible dans toutes ses parties. On saisit vigoureusement tous les objets lourds, tels que fours, cuisines, que l'on ne débarque pas; on démonte le gouvernail. En même temps, on bouche hermétiquement toutes les ouvertures, sabords, hublots, dalots, chaumards, du bord sous le vent, c'est-à-dire qui sera immergé, et on calfate le bordé extérieur et celui des gaillards du même bord; on ferme les panneaux autres que ceux qui recevront des pompes; suivant la stabilité du bâtiment, on débarque le mât d'artimon et toute la mâture haute, ou on laisse en place le mât d'artimon et les mâts de hune, que l'on guinde plus ou moins. On renforce les deux mâts majeurs (*pl.* 167, *fig.* 978) au moyen de deux aiguilles, partant, l'une des jottereaux, l'autre d'un point un peu inférieur, amarrées avec les mâts à la portugaise; les aiguilles sont des pièces de rechange de la mâture, des mâts de hune par exemple; elles descendent obliquement en traversant le pont des gaillards des vaisseaux, trop faible pour les recevoir, par un panneau pratiqué dans ce but, et viennent reposer sur une semelle, placée en abord et sous le vent, sur le pont de la batterie, convenablement épontillé à leur portage; sur les bâtiments à batterie barbette, les aiguilles portent sur le pont des gaillards. On soutient également le mât au vent, au moyen de pataras fixés à des arcs-boutants poussés en dehors des sabords, qui ajoutent leur résistance à celle des haubans. Enfin on estrope à chaque capelage deux fortes caliornes. Dans les panneaux, on place des pompes, destinées à épuiser les rentrées d'eau, qui sont toujours à redouter par la fatigue du calfatage; on dirige leur pied sous l'inclinaison convenable, pour qu'il soit au point le plus bas de la cale, le navire une fois abattu; on établit des plates-formes, inclinées de la bande à produire, qui deviendront horizontales, et serviront à la manœuvre des pompes.

Si on opère avec des pontons, il faut installer sur deux pontons solidement amarrés quatre

cabestans, les points fixes pour les poulies inférieures des caliornes, et des pitons pour le retour des garants; on les leste pour qu'ils puissent résister à l'appel des apparaux. Les points fixes des caliornes sont obtenus au moyen d'une ceinture en chaînes ou en cordages, entourant chaque ponton. Les pontons sont munis d'un mât, auquel est fixée une caliorne de redresse; cette caliorne actionne un fort cordage, qui passe sous la quille du bâtiment à abattre, et vient, en remontant au vent, s'amarrer au grand mât et au mât de misaine, ou sur des taquets ; il sert à modérer l'inclinaison, si le navire est faible de côté. Le navire doit être maintenu à distance convenable des pontons, au moyen d'une ancre, mouillée au vent par le travers ; deux câbles-chaînes formant patte-d'oie viennent passer sous la quille, et rentrent à bord sous le vent; enfin on ajoute une amarre à l'avant, et une à l'arrière.

Pour abattre le bâtiment, il suffira, ces dispositions prises, de virer les quatre caliornes d'abatage, et de filer celle de redresse à retour. Une fois le bâtiment abattu, toutes ces manœuvres devront être tournées et genopées; néanmoins on devra être prêt à redresser vivement le navire, si cela était nécessaire. Si le bâtiment est plein de l'avant, il convient, pour éventer la quille sur toute sa longueur, de placer quelques tonneaux de lest sur l'avant, qui sans cela déjaugerait plus que l'arrière.

Quand on n'a pas de ponton à sa disposition, on peut se procurer d'autres points fixes : une cale, un quai peuvent servir, si la mer ne marne pas beaucoup; dans le cas contraire, on devra employer un radeau. Les cales sont généralement garnies de vieux canons et de boucles, qui peuvent servir à estroper les caliornes et les poulies de retour; s'il n'en existe pas, on les fixe sur des madriers chargés de poids. Le radeau doit être fait de forts espars, solidement liés entre eux, et chargés de poids lourds, canons, lest, chaînes, afin qu'il puisse résister aux efforts de soulèvement.

FIN DE LA QUATRIÈME PARTIE.



CINQUIÈME PARTIE.

ACCESSOIRES DE COQUE.

CHAPITRE XLII.

GOUVERNAILS.

L'évolution du navire est déterminée à l'aide du gouvernail, plan résistant que l'on porte tantôt sur un bord, tantôt sur l'autre, au moyen d'une transmission mécanique, qui comprend généralement les organes suivants : une roue, une drosse, une barre et une mèche. Nous nous occuperons en premier lieu du plan résistant lui-même, c'est-à-dire du *safran*.

Safran. — Nous n'avons pas à examiner dans ce cours les données théoriques, qui servent à l'établissement des dimensions du safran, la trajectoire qu'il fait parcourir au navire, l'influence que son action plus ou moins énergique peut avoir sur la bande du bâtiment. Nous nous contenterons de rappeler que, sur les navires à voiles, le rapport $\frac{S}{Lt}$ (1) de la surface du safran au plan de dérive était de 0,022. Ce rapport est tombé à 0,020 sur les navires à hélice, dont le gouvernail, par suite de la projection d'eau qu'il reçoit du propulseur, a une action plus efficace; il a été porté à 0,025 sur les cuirassés, auxquels on a voulu donner une facilité d'évolution plus grande, et a même atteint une valeur encore plus élevée sur certains garde-côtes à double gouvernail (Tonnerre, 0,048; Fulminant, 0,032). Sur les grands paquebots au contraire, pour lesquels le diamètre du cercle de giration a moins d'importance que pour les navires de combat, le rapport $\frac{S}{Lt}$ s'abaisse souvent à 0,011 (Normandie, 0,01085; Champagne, 0,01135).

La section horizontale du safran est le plus souvent aujourd'hui ogivale aux deux extrémités, quand le safran est en bois, et rectangulaire à angles arrondis, quand il est en fer; l'ogive a l'avantage de réduire la résistance à la marche du navire, mais en même temps l'inconvénient de diminuer de $\frac{1}{20}$ environ la puissance d'action du gouvernail. On attribue en outre à l'ogive, qui détermine une

(1) L longueur entre perpendiculaires, t tirant d'eau moyen.

moindre succion de l'eau à l'arrière du gouvernail, la fréquence des chocs, que favorise au bout de quelque temps l'usure des aiguillots. On donne le plus souvent à l'ogive une hauteur égale au double de l'épaisseur du safran.

Enfin on a construit des gouvernails, dans lesquels les sections horizontales, ou lignes d'eau, sont concaves dans la partie arrière; on verra plus loin dans quel but.

Safrans non compensés en bois. — Sur les navires à voiles, l'usage a longtemps prévalu de constituer le gouvernail (*pl.* 168, *fig.* 979) d'une mèche rectangulaire en bois, cerclée en fer à sa tête, sur l'arrière de laquelle se trouvaient plusieurs pièces de remplissage parallèles, et une dernière pièce courbe, à laquelle s'appliquait spécialement le nom de safran. A l'arrière du safran, taillé carrément, on ajoutait souvent deux lattes demi-rondes, pour diminuer les trépidations. Toutes ces pièces étaient réunies par une série de chevilles horizontales.

A l'avant se trouvent plusieurs gonds en bronze (*pl.* 169, *fig.* 980), dont la partie mâle, fixée au safran par des pattes chevillées transversalement, porte le nom d'*aiguillot,* et dont la partie femelle, fixée de même sur l'étambot, porte le nom de *femelot*. Le plus souvent le poids du gouvernail est réparti sur tous les femelots; quelquefois aussi, de peur que cette répartition ne se fasse pas bien, et surtout pour réduire le frottement, on a fait reposer l'extrémité d'un des aiguillots supérieurs (*pl.* 168, *fig.* 981) sur un taquet spécial, placé en contre-bas du femelot correspondant. Les femelots et les aiguillots se font en bronze sur les navires en bois.

Au cas où le gouvernail, soulevé dans un échouage, se serait dégagé de ses femelots, deux chaînes en cuivre, dites *de sauvegarde*, le rattachaient au navire, et permettaient de le ressaisir. La tête de la mèche portait une mortaise (*pl.* 168, *fig.* 982), dans laquelle s'engageait une barre en bois, retenue par deux boulons à oreilles. A l'extrémité supérieure se trouvait un *piton de cervelle*, nécessaire pour le démontage.

Nous avons indiqué plus haut (CH. I) les inconvénients de la large jaumière, que nécessitait ce genre de gouvernail; une braie, sorte de sac de cuir cloué sur le bord de la jaumière et sur la mèche, empêchait la mer d'y pénétrer.

Dans les gouvernails à mèche dévoyée (*pl.* 168, *fig.* 983) qui ont suivi, la mèche s'infléchit à la naissance du safran pour se loger entre des pièces droites, placées sur l'avant, et une pièce arrondie placée à l'arrière; la mèche est circulaire, et son axe est dans le prolongement de celui des aiguillots.

L'emploi de la mèche en fer est devenu aujourd'hui universel, et a donné au gouvernail une moindre simplicité de construction, mais en revanche une solidité beaucoup plus grande. Le safran se compose d'une série de pièces parallèles (*pl.* 168, *fig.* 984), assemblées par des dés et des chevilles horizontales; en outre, les branches des ferrures d'aiguillots croisent la jonction des pièces, sur la moitié environ de la largeur du safran, et sont complétées par des lattes de même forme partant de l'arrière; les branches des aiguillots et les lattes sont traversées par des chevilles d'un bord à l'autre. La pièce avant est évidée pour former un logement aux aiguillots, fournir une base solide à leurs ferrures, permettre enfin aux femelots de se dégager quand on démonte le gouvernail.

A la partie supérieure se trouve une armature en bronze, qui embrasse l'extrémité des pièces du safran, et porte en dessus une cavité conique formant l'emmanchement de la mèche; une partie cylindrique de cette armature est embrassée par un collier en deux parties, fixé à l'étambot, qui retient énergiquement le safran, et permet de supprimer les sauvegardes en chaînes.

La surface des safrans en bois est doublée en cuivre rouge ou en laiton, comme le reste de



la carène ; on y perce, un peu au-dessous de la flottaison, un ou deux trous, garnis de manchons en cuivre chaudronné, qui servent à passer une élingue pour le démontage.

Les aiguillots en bronze (*pl.* 169, *fig.* 980) des navires à voiles et à roues ont généralement une section totale *s*, dont le rapport à la surface S du gouvernail est :

$$\frac{s}{S} = 27,55 \text{ (}s\text{ en centimètres carrés, S en mètres carrés).}$$

Pour les navires à hélice, quoique la réaction des filets liquides sur le gouvernail soit plus énergique, la présence du collier permet de réduire la valeur de $\frac{s}{S}$ à 25,66.

Safrans non compensés en fer. — Dans les gouvernails des navires en fer (*pl.* 169, *fig.* 985) la mèche fait corps avec le safran ; elle est prolongée par une pièce qui descend le long de l'étambot. Souvent les aiguillots sont découpés dans cette pièce à la machine à buriner, puis ajustés au burin et à la lime; souvent aussi elle est évidée (*pl.* 169, *fig.* 986), et porte des emmanchements, dans lesquels les aiguillots sont ajustés et retenus par des clavettes. Cette dernière disposition est d'une exécution plus économique, et permet de changer facilement les aiguillots usés. Une pièce, arrondie suivant la forme que l'on veut donner au safran, est soudée à la première en haut et en bas, et lui est en outre réunie par plusieurs entretoises horizontales ; l'épaisseur du gouvernail diminue généralement du haut en bas, et ses surfaces latérales sont planes. Ce cadre rigide est recouvert par un bordé en tôle, fixé par des rivets, qui traversent les bords du cadre et les entretoises ; les coutures sont matées à la manière ordinaire, et souvent, pour mieux empêcher l'introduction de l'eau, on remplit les vides, avant de placer le bordé, avec des morceaux de sap, ou un mélange de débris de liège et de glu marine.

Les femelots sont le plus souvent venus de forge avec l'étambot, et percés de trous verticaux correspondants aux aiguillots. Quelquefois on les remplace par des étriers en fer plat (*pl.* 170, *fig.* 987), qui embrassent l'aiguillot, et sont rivés au travers de l'étambot. Le gouvernail ne peut plus alors être démonté sans couper ces rivets, ce qui rend cette disposition, adoptée souvent par économie sur les navires de commerce, fort incommode. Souvent aussi un seul aiguillot, faisant corps avec le safran à ses deux extrémités, passe dans un femelot de ce genre, et empêche le gouvernail de se soulager.

Souvent deux aiguillots seulement supportent le poids du gouvernail ; ils sont formés par deux tiges d'acier vissées dans le gouvernail, et portent sur deux grains d'acier convexes, vissés de même au fond des femelots correspondants. La réduction de la surface de portage amoindrit sensiblement le frottement à vaincre ; en outre, il n'est plus nécessaire que les aiguillots et les femelots soient répartis à des distances rigoureusement égales, et on n'a plus besoin d'autant de précision dans l'ajustage. Les aiguillots en fer peuvent être proportionnés de manière que le rapport $\frac{s}{S}$ soit égal à 30 (*s* en centimètres carrés, S en mètres carrés).

Deux taquets, rivés à l'étambot, empêchent le gouvernail de dépasser, dans un mouvement d'acculée, l'angle de barre maximum. On munit habituellement ces gouvernails d'une sauvegarde en chaînes, qui passe dans un trou percé dans le cadre, ou qui vient se fixer à des pitons rivés sur le safran.

Les gouvernails en fer de petite dimension peuvent être considérablement simplifiés ; on réduit, ou même on supprime les entretoises ; on peut même supprimer complètement la pièce arrière du cadre, et se borner à river les deux tôles l'une sur l'autre.



Safrans compensés en bois. — La nécessité d'augmenter l'efficacité du gouvernail, sans accroître dans les mêmes proportions son effort moteur, a conduit à reporter sur l'avant de l'axe de rotation une partie de la surface du safran. L'effet d'un gouvernail compensé n'est pas le même que celui d'un gouvernail non compensé de surface égale, ce qui se comprend facilement. D'abord la portion du safran, placée à l'avant de l'axe, est située plus près du centre de gravité du navire, et fournit un moindre moment de rotation, que si on l'avait ajoutée à l'arrière. De plus, les filets liquides ne sont plus ramenés parallèlement à l'axe longitudinal par leur rencontre avec l'étambot; la veine liquide, qui vient frapper le safran, se bifurque ; une partie de sa masse reflue sur l'avant, et on perd, pour l'effet giratoire, une force de réaction égale à la quantité de mouvement des filets liquides qui contournent l'arête avant, et qui seraient arrêtés par l'étambot arrière, s'il existait. On n'admet généralement pas un rapport de plus de 0,25 entre la surface avant et la surface arrière, afin d'éviter que la position d'équilibre du gouvernail ne fasse un angle notable avec le plan longitudinal ; un gouvernail fortement compensé est toujours instable aux petits angles de barre.

La compensation du gouvernail entraîne à peu près forcément, à moins d'artifices assez compliqués, la suppression de l'étambot arrière et de la suspension sur aiguillots ; il n'est plus supporté que par sa mèche, pourvue d'un collet, et est guidé au pied par un tourillon, qui traverse, avec un faible jeu, l'armature de la quille.

Le safran (*pl.* 170, *fig.* 988) est composé de pièces à peu près parallèles, réunies par des lattes en cuivre et des chevilles longitudinales ; son contour extérieur est le plus souvent concave à l'avant, pour agrandir la cage, et convexe à l'arrière. Cette forme est d'ailleurs nécessaire pour assurer une finesse suffisante aux parties supérieure et inférieure du gouvernail, dont l'épaisseur est accrue par les emmanchements de la mèche et du tourillon. En haut et en bas, deux armatures en bronze évidées reçoivent les extrémités des pièces du safran ; une partie massive de ces armatures, alésée coniquement, forme l'emmanchement de la mèche et du tourillon ; la première est fixée par une clavette longitudinale et une transversale ; le second, qui ne subit pas d'effort de torsion, par une seule clavette tranversale. Il importe que les axes de la mèche et du tourillon soient en exacte correspondance, ce qui exige un montage précis des armatures du gouvernail, ainsi que de celle de la quille.

La mèche pénètre à bord par un tube en bronze, dans lequel elle est maintenue par des portées ménagées en haut et en bas ; elle repose sur la pince supérieure de ce tube par un collet, auquel on doit donner une surface suffisante ; on doit se réserver des moyens de graissage, la surface annulaire supportant le poids assez considérable du gouvernail.

On a quelquefois employé, pour diminuer le frottement (*pl.* 169, *fig.* 989-990), une couronne de galets, interposés entre une plate-forme circulaire fixée au navire, et un large collier en fer forgé, fixé sur la mèche, dans une partie réduite de diamètre, pour former épaulement.

Safrans compensés en fer. — La forme du safran varie, suivant que le navire a ou n'a pas d'hélice diamétrale, et que l'on veut suivre plus ou moins la section diamétrale du navire, ce qui conduit quelquefois à un contour s'éloignant notablement du rectangle. Nous donnons comme exemple de ce genre de gouvernail celui de l'Amiral-Duperré (*pl.* 171, *fig.* 991). Avec cette disposition, pour que le démontage soit possible, la mèche ne peut pas venir de forge avec le reste de la carcasse du gouvernail, et doit être reçue dans un emmanchement à sa partie inférieure.

Quelquefois aussi on se réserve une levée suffisante pour pouvoir faire échapper le gouvernail de sa crapaudine, et assez de jeu dans le conduit de la mèche pour pouvoir faire descendre le

tout ensemble ; telle est la disposition du Bellerophon (*pl.* 169, *fig.* 992). Quand le gouvernail est en place, le vide de la jaumière, évasée vers l'avant, est comblé par une garniture métallique. Dans ce cas la mèche n'a pas besoin d'être emmanchée et clavetée, et peut faire corps avec le safran ; l'ossature du gouvernail se compose de deux amorces, venues de forge avec la mèche, de deux autres portées par le tourillon, et assemblées à écart avec trois pièces de forge, qui complètent les côtés horizontaux et le côté vertical avant. Un tube en tôle et cornières reçoit le prolongement de la mèche et du tourillon ; deux membrures verticales en tôle complètent la charpente sur laquelle est rivé le bordé ; le gouvernail est fermé à l'arrière par une tôle emboutie en forme de gouttière.

Les gouvernails des torpilleurs (*pl.* 171, *fig.* 993) ont souvent un contour élargi vers la flottaison ; ils sont portés par le prolongement de la quille, recourbée pour former une cage d'hélice, de hauteur plus considérable que le tirant d'eau.

Les gouvernails à formes ogivales ont l'inconvénient de ne permettre qu'une assez faible compensation, dont le maximum avait été limité par M. l'ingénieur de la marine Joëssel à 0,195 : leur puissance est en outre relativement faible. Les gouvernails terminés carrément à l'arrière, comme celui du Bellerophon, indiqué plus haut, permettent une plus forte compensation, 0,32 sur ce navire ; mais ils produisent une résistance notable à la marche.

M. le directeur des constructions navales Godron a conclu d'expériences faites en 1877, qu'on peut, tout en conservant la stabilité aux petits angles, compenser jusqu'à 0,285, en donnant aux lignes d'eau du gouvernail une forme concave à l'arrière. Telle est la disposition adoptée sur le Redoutable, dont nous donnons le croquis ; elle accroît la puissance de la partie arrière du safran, et permet aux filets d'eau de quitter le safran parallèlement à l'axe. Le gouvernail du Redoutable (*pl.* 172, *fig.* 994) est compensé à 0,25 ; il est formé d'une pièce de fer forgé à section ogivale, qui longe le côté avant et les deux côtés horizontaux, et porte les emmanchements de la mèche et du tourillon. Plusieurs membrures verticales en fer à double T et en cornières sont recouvertes par le bordé, qui se rive à l'avant sur le cadre forgé, et à l'arrière sur une ogive en tôle.

On s'est préoccupé en Angleterre de la possibilité de supprimer temporairement la compensation du gouvernail, qui n'a pas d'intérêt quand la vitesse est modérée, et qui rend les évolutions à la voile moins sûres. C'est dans ce but que le gouvernail de l'Hercules (*pl.* 172, *fig.* 995) est composé de deux safrans, pouvant à volonté être rendus solidaires ou indépendants. Le safran arrière est porté par une mèche et un tourillon, et c'est sur sa mèche qu'est clavetée la barre. Quant au safran avant, il est porté par une mèche creuse, concentrique à la première, par un collier que traverse le tourillon inférieur, et enfin par deux femelots, dans lesquels passent deux aiguillots fixés au safran arrière ; les deux safrans sont supportés chacun par une couronne de galets. Le collet en fer forgé e', claveté sur la mèche creuse, peut, au moyen d'une goupille, être rendu solidaire du collier analogue claveté sur la mèche intérieure, ou en être rendu indépendant, et être arrêté d'une manière invariable sur une tôle p fixée à la coque. On peut ainsi, quand on marche à la voile, immobiliser le safran avant, et gouverner uniquement avec le safran arrière. Cette disposition assez compliquée n'a pas été reproduite.

La plupart des dispositions de gouvernails compensés ont l'avantage, indépendant d'ailleurs de la compensation, de protéger contre les projectiles la mèche, si exposée sur les premiers cuirassés ; un projectile atteignant la mèche suffirait pour rendre toute évolution et par suite tout combat impossible. Les arrières traînants, dans lesquels la mèche rentre sous l'eau à l'intérieur de la coque, soustraient avantageusement à la vue de l'ennemi ce but si tentant. Un des principaux



reproches faits aux gouvernails compensés, c'est l'impossibilité de les abandonner, si un accident les met hors d'état de fonctionner. Cette critique peut s'adresser à d'autres gouvernails, du moment que leur ajustage dans la jaumière est précis, et si on ne leur réserve pas une levée suffisante pour les dégager des aiguillots; il y a d'ailleurs moins d'intérêt qu'autrefois à s'en débarrasser sur un grand navire, car l'installation d'un gouvernail de fortune, d'une puissance suffisante pour assurer la navigation, est bien difficile. Quoi qu'il en soit, plusieurs dispositions ont été imaginées pour parer à cet inconvénient.

L'une d'elles, due à M. le directeur des constructions navales d'Ambly, consiste à relier la mèche (*pl.* 171, *fig.* 996) au safran par un prisonnier vertical *a*, concentrique à la mèche, qui est forée. Le prisonnier est mis en place au moyen d'une longue clef *b*, qui monte jusqu'au-dessus de la mèche, et peut lui être reliée par un frein pour empêcher le dévissage. Le prisonnier est taraudé en sens inverse à sa partie supérieure; une clef spéciale, taraudée dans le même sens, le saisit et le dégage du safran. On peut alors, en déboulonnant les barres et le collier de suspension, faire sortir la mèche de son emmanchement; le safran pivote autour du tourillon, qui pénètre d'une petite quantité dans la crapaudine, et peut facilement se dégager.

Dans une autre disposition, due à M. le mécanicien principal Juhel (*pl.* 172, *fig.* 997-998), le tourillon du gouvernail est retenu dans un coussinet *a*, dont les côtés extérieurs ont une saillie; une fourche *bc*, formée par l'extrémité de l'armature de quille, porte des entailles correspondantes, dans lesquelles sont saisies les saillies du coussinet, qui peut coulisser verticalement, tout en résistant à l'action du gouvernail, qui tend à l'entraîner sur l'arrière. Il est d'ailleurs retenu au gouvernail par un écrou *d* engagé sur un filetage du tourillon, et ne peut descendre qu'avec lui. Il suffit de dégager la mèche de sa collerette, pour que tout l'ensemble du gouvernail puisse glisser verticalement, faire échapper le coussinet de son logement, et se dégager par suite complètement.

Safrans à plusieurs lames. — La compensation, obtenue pour un petit angle de barre, ne se maintient pas quand on augmente cet angle, pour produire une abatée plus rapide. M. l'ingénieur de la marine Joëssel a démontré par expérience que le centre de pression de l'eau, sur un safran mince, était au tiers de la largeur avec 15° de barre, au milieu quand elle est portée à 90°, et subissait un déplacement fonction de l'angle de barre; il est donc impossible de compenser sous tous les angles un safran unique, pivotant autour d'un point déterminé de sa largeur. La distance δ, du centre de poussée à l'arête avant d'un plan mince de largeur L, est donnée par la formule :

$$\delta = 0{,}195\,\mathrm{L} + 0{,}305\,\mathrm{L}\sin\alpha\,;$$

α étant l'angle fait par le plan mince avec le courant d'eau.

M. Joëssel est arrivé à réduire dans une très forte proportion le moment de rotation, et à obtenir une compensation beaucoup plus complète, en employant plusieurs safrans parallèles, au nombre de deux ou trois le plus souvent. En appelant l la largeur d'un de ces safrans, E leur écartement (1), L la largeur du safran unique équivalent, M. Joëssel est arrivé à la relation :

$$\mathrm{L} = l + \frac{\mathrm{E}}{2}\,;$$

à la condition toutefois que E soit plus petit que $2l$; l'écartement reste généralement au-dessous de cette limite. Le gouvernail Joëssel a donc, à surface ou à poids égal, une efficacité moindre; mais aux grands angles, la partie arrière de l'une des lames est masquée par l'autre, et il en résulte que

(1) Quand il y a plus de deux lames, E est la somme de leurs écartements.



le centre de poussée se transporte moins loin de l'axe que sur un gouvernail ordinaire; de là résulte la remarquable propriété de la compensation sous tous les angles. Avec les proportions adoptées, les gouvernails de ce système sont un peu moins puissants sous les grands angles, sont plus énergiques sous les petits; or, pour un navire de combat, il est important que l'abatée se prononce sans tarder, dès qu'on commence à mettre de la barre.

La construction de ces gouvernails offre des difficultés assez sérieuses; il faut réunir les safrans entre eux et avec la mèche par des entretoises solides, qui opposent une résistance à la marche, et surtout aux mouvements de plongée de l'arrière; il en résulte des chocs violents au tangage, que l'on tâche d'atténuer en évidant ces entretoises; tout cet ensemble est naturellement assez lourd.

Nous donnons, comme exemple de gouvernail Joëssel construit en bois, celui du Bouledogue (*pl.* 173, *fig.* 999, et *pl.* 174, *fig.* 1000-1001). Un safran central en bois porte, dans deux armatures en bronze, la mèche et le tourillon; il est relié à deux lames latérales par trois entretoises horizontales allégées, et par des tirants obliques, qui, ainsi que les entretoises, sont en bronze.

Le gouvernail du Friedland (*pl.* 173, *fig.* 1002-1003), exécuté en fer, a la forme d'un anneau rectangulaire à angles arrondis; il est formé de tôles fixées sur une membrure en tôles et cornières, assemblées à l'avant sur une ogive en fer forgé, et à l'arrière sur une tôle emboutie. Une entretoise creuse en tôle maintient à distance constante les deux safrans; enfin deux pièces de forge reçoivent les emmanchements à clavette de la mèche et du tourillon.

Le gouvernail de la Tempête (*pl.* 174, *fig.* 1004 à 1006) se compose de deux safrans minces en tôle, réunis par quatre entretoises horizontales; l'entretoise supérieure forme l'emmanchement de la mèche, l'inférieure celle du tourillon. Chaque safran se compose d'un cadre aminci sur les bords, consolidé par une entretoise verticale et deux entretoises horizontales. Cette membrure est recouverte d'un double bordé en tôle de 5 millimètres, dont le vide est rempli de brai.

M. Joëssel a proposé (1) d'autres gouvernails à safran unique, équilibrés sous tous les angles, par une combinaison d'articulations, qui déplacent l'axe de rotation, au fur et à mesure que l'angle de barre augmente; nous ne croyons pas que ces dispositions ingénieuses, mais compliquées, aient été mises en pratique. D'ailleurs l'adoption sur tous les navires de quelque importance de moteurs mécaniques, d'une conduite si commode, est venue enlever beaucoup de son intérêt à la réduction du moment de rotation du gouvernail; cette réduction n'aurait plus d'autre résultat qu'un allègement de la transmission de mouvement, avantage secondaire, chèrement acheté par une complication plus grande et une solidité moindre.

Calcul des transmissions. — La surface du safran est la donnée nécessaire pour l'étude des proportions et de la résistance des différentes pièces de transmission de mouvement; nous la supposerons déterminée d'après les observations données plus haut, et son contour étant tracé d'après la disposition de l'arrière, nous désignerons par M le produit de cette surface par la distance de son centre de gravité à l'axe de rotation, ou le moment géométrique du safran par rapport à cet axe.

L'étude des transmissions des gouvernails a été faite par M. le directeur des constructions navales Godron, et par M. l'ingénieur de la marine de Montchoisy (2), qui ont comparé un grand nombre d'installations analogues, et en ont déduit des chiffres moyens. Cette comparaison nécessite

(1) Mémorial du Génie Maritime, 1873.
(2) Mémorial du Génie Maritime, 1864-65-72.

qu'on fasse entrer en ligne de compte la vitesse des filets liquides rencontrant le safran, vitesse que l'on peut considérer comme proportionnelle à la vitesse v du navire.

On peut admettre que la pression normale, sur un élément ds du safran, est représentée par l'expression :

$$dP = Kv^2 \sin^2 i.ds;$$

i étant l'angle de barre.

K, v et i varient suivant le point choisi sur le safran; néanmoins nous admettrons que les variations sont assez faibles, pour que l'on puisse prendre, sans trop d'erreur dans une comparaison, pour la somme des pressions :

$$P = Kv^2 \sin^2 i.S,$$

et pour leur moment :

$$\mu = Kv^2 \sin^2 i.M.$$

Les formules pratiques, qui suivront, ne reposant que sur la comparaison de nombreuses installations ayant reçu la sanction de l'expérience, la connaissance de la valeur de K n'est pas indispensable. Il est bon cependant de savoir qu'il résulte d'expériences faites par M. l'ingénieur de la marine Joëssel, que pour des plans minces, on peut prendre $K = 82^k,70$, v et M étant calculés avec le mètre pour unité.

Nous admettrons que la constante K ne varie pas d'un navire à l'autre, quoique les formes plus ou moins pleines de la carène, la proximité du propulseur, l'existence d'une ou de deux hélices puissent influer sur sa valeur. Nous prendrons pour v la vitesse maxima du navire, pour i l'angle de barre maximum.

Mèche. — La mèche des gouvernails à aiguillots est soumise uniquement au moment de torsion μ; l'équation de plus grande charge est donc :

$$\frac{\pi}{16} d^3 \sigma = K \sin^2 i.M v^2.$$

La valeur moyenne de $\frac{\pi\sigma}{16 K \sin^2 i} = \frac{Mv^2}{d^3}$ est, pour les mèches en fer, 33244; on en déduit pour la valeur de d :

$$d = 0,0311 \sqrt[3]{Mv^2} \qquad (d, M \text{ et } v \text{ en mètres});$$

et en donnant aux mèches en bois ou en bronze des diamètres proportionnels à leurs résistances, comparées à celle du fer :

$$d = 0,04829 \sqrt[3]{Mv^2}, \text{ pour le bronze};$$

$$d = 0,09330 \sqrt[3]{Mv^2}, \text{ pour le bois}.$$

Il est intéressant de se rendre compte de la charge par torsion que subissent ces mèches; l'équation de plus grande charge, résolue par rapport à σ, donne :

$$\sigma = \frac{16 K \sin^2 i}{\pi} \cdot \frac{Mv^2}{d^3}.$$

En prenant $K = 82^k,70$, $i = 35°$, et $\frac{Mv^2}{d^3} = 33244$, on a pour les mèches en fer :

$$\sigma = \frac{16 \times 82,70 \times 0,33}{3,14} \times 33244 = 4^k,62 \text{ par millimètre carré}.$$

Les mèches des gouvernails compensés peuvent être envisagées au double point de vue de la



torsion et de la flexion ; mais l'étambot arrière ne se trouvant plus là, pour ramener les filets liquides parallèlement à l'axe, ceux-ci viennent rencontrer le safran non plus sous l'incidence i, mais sous l'angle i diminué d'un angle α, voisin de celui que fait l'axe du bâtiment avec la tangente à sa trajectoire. Par suite le moment μ est, non plus $Kv^2 \sin^2 i.M$, mais $Kv^2 \sin^2(i-\alpha).M$, et les mèches devront être choisies plus petites que celles des gouvernails non compensés, dans le rapport $\sqrt[3]{\frac{\sin^2(i-\alpha)}{\sin^2 i}}$. Pour $i=35°$, on peut admettre $\alpha=15°$, et par suite $\sqrt[3]{\frac{\sin^2(i-\alpha)}{\sin^2 i}}=0,707$. On obtient ainsi :

$$d=0,022\sqrt[3]{Mv^2}, \text{ pour le fer ;}$$

$$d=0,035\sqrt[3]{Mv^2}, \text{ pour le bronze.}$$

Les gouvernails compensés chargent aussi leurs mèches par flexion, et il convient de s'assurer si la charge qui en résulte n'est pas plus forte que celle de torsion ; dans ce cas, on calculerait la mèche par flexion.

L'équation de plus grande charge par torsion est :

$$\frac{\pi d^3 \sigma}{16}=K\sin^2(i-\alpha)Mv^2. \quad (1)$$

Si l'on considère le safran comme tenu par un encastrement, au point où la mèche pénètre dans la coque, la pression au centre de gravité étant $Kv^2 S\sin^2(i-\alpha)$, on aura pour l'équation de plus grande charge par flexion, en désignant par h la distance du centre de gravité du safran à l'encastrement :

$$\frac{\pi \delta^3 R}{32}=K\sin^2(i-\alpha)hSv^2 ; \quad (2)$$

et en divisant (1) et (2) membre à membre :

$$\frac{\delta^3}{d^3}=2\frac{hS}{M}\times\frac{\sigma}{R}.$$

Suivant que le second membre se trouvera plus grand ou plus petit que l'unité, on devra calculer par flexion ou par torsion. Le rapport $\frac{\sigma}{R}$ est pour le fer 0,666, pour le bronze 0,278.

On remarquera que hS, moment du gouvernail par rapport à son encastrement, sera généralement, pour les navires à grand tirant d'eau, notablement supérieur à M. Par suite de la valeur de $\frac{\sigma}{R}$, il faudra le plus souvent calculer la mèche par flexion, surtout si elle est en fer.

Le diamètre de la mèche étant déterminé, on donne à ses différentes parties, emmanchement conique, portées, clavetage, les dimensions indiquées sur la figure 1007 (*pl.* 175).

Relation entre les dimensions des organes de commande du gouvernail. — L'effort moteur des hommes est transmis au gouvernail au moyen d'un treuil, ou *roue*, sur laquelle s'enroulent des drosses, qui après un ou plusieurs retours, destinés à multiplier l'effort, viennent se fixer sur un chariot guidé en ligne droite, dans lequel coulisse l'extrémité d'une barre clavetée sur la mèche. Avant d'examiner en détail les formes de ces différents organes, et les variantes, dont ils sont susceptibles, il faut s'assurer que leurs dimensions permettront à l'effort dont on dispose, de



faire franchir à la barre son excursion complète, en un temps suffisamment court, avec le nombre d'hommes que l'on veut y employer.

La vitesse avec laquelle on met la barre toute d'un bord, est d'une extrême importance pour la facilité d'évolution du navire; elle est caractérisée d'une manière suffisamment exacte par le nombre de tours qu'il est nécessaire de faire faire à la roue.

Désignons par :

l la longueur de la barre,
D le diamètre de la roue à manettes,
d le diamètre d'enroulement des drosses,
h le nombre d'hommes de barre,
f leur effort moyen,
a le nombre des retours de la drosse, qui diminuent l'effort à faire en augmentant le chemin à parcourir,
i l'angle de barre maximum.

Si le moment de rotation du gouvernail est, pour l'angle de barre maximum, de la forme $C^{te} M v^2$, l'effort que la drosse devra faire sur la barre pour la maintenir sera :

$$C^{te} \frac{M v^2}{l}.$$

D'autre part, le nombre h d'hommes agissant avec une force f sur une roue à manettes de diamètre D, la drosse, enroulée sur un tambour de diamètre d, aura une tension :

$$hf \frac{D}{d},$$

qui, multipliée par le nombre de retours a, fournira l'effort à faire sur la barre; d'où l'équation :

$$a \frac{D}{d} hf = C^{te} \frac{M v^2}{l},$$

$$a \frac{D}{d} hfl = C^{te} M v^2. \tag{1}$$

Le second membre est une donnée, que nous ne pouvons pas modifier; quant aux différents facteurs du premier membre, à l'exception de f, effort moyen d'un homme, nous pouvons en disposer arbitrairement, pourvu que leur produit ne varie pas. Examinons quelles sont les limites que la pratique impose à ces variations arbitraires.

Le rapport du diamètre de la roue à manettes à celui du marbre est habituellement égal à 5; en tenant compte du diamètre de la drosse, le rapport $\frac{D}{d}$ descend à environ 4,54. On ne peut ni diminuer beaucoup le tambour, à cause de la raideur des drosses, ni augmenter la roue à manettes, au delà des limites qui la rendent manœuvrable pour des hommes de taille moyenne. Pour les trois autres facteurs, longueur de la barre, nombre d'hommes, nombre de cordons, on peut les combiner à volonté, sous réserve des dispositions locales, qui peuvent imposer une certaine gêne, par exemple obliger à restreindre la longueur de la barre.

La valeur de la constante du second membre devra être modifiée suivant le nombre de

retours, qui, par suite de la raideur des drosses, font naitre des résistances passives plus ou moins considérables. On déterminera ses valeurs dans les différents cas par l'étude d'installations ayant donné de bons résultats.

On peut résoudre l'équation (1) par rapport à l, en supposant successivement 2, 4 ou 6 hommes employés à la manœuvre, et une drosse à 2, 3 ou 4 cordons ; on arrive ainsi à déterminer les longueurs de barre.

Il résulte de la comparaison d'un grand nombre d'installations que l'équation (1) peut s'écrire numériquement :

$$ahl = \text{RM}\,v^2\,; \tag{2}$$

la constante R prenant les valeurs :

0,132 pour deux cordons,
0,144 — trois —
0,156 — quatre —

par suite des résistances passives, qu'introduit la multiplication des cordons.

Quand $\text{M}\,v^2$ est compris entre 0 et 20, il convient de faire h égal à 1,
» 20 et 150, » 2,
» 150 et 400, » 4,
supérieur à 400, » 6,

et la relation (2) prend les formes numériques suivantes :

Si la drosse est passée de manière à former 2 cordons ($a=2$), $l=0{,}066\,\frac{\text{M}\,v^2}{h}$;

» 3 cordons ($a=3$), $l=0{,}048\,\frac{\text{M}\,v^2}{h}$;

» 4 cordons ($a=4$), $l=0{,}039\,\frac{\text{M}\,v^2}{h}$.

Suivant la valeur trouvée pour $\text{M}v^2$, on introduira la valeur de h correspondante, et on obtiendra la longueur l convenable. Si les dispositions locales ne permettent pas de l'adopter, on prendra le maximum possible, et c'est la valeur de h que l'on tirera de ces formules.

Le nombre de tours nécessaire, pour mettre la barre toute, s'obtiendra en divisant la longueur de drosse à enrouler, $a \times l \times \text{tang}\, i$, par la circonférence d'enroulement ; en choisissant convenablement le marbre, et en adoptant les proportions indiquées plus haut, on pourra rester en dessous de 5 tours. On fera bien de descendre autant que possible au-dessous de cette limite, pour être sûr de la rapidité des évolutions.

Barre de garniture. — On distingue la barre de garniture, actionnée par les drosses, et la barre de rechange ou de combat, manœuvrée à bras ou avec des palans, quand la première est hors d'état de fonctionner.

Si l'espace disponible s'y prête, le mieux est de donner à la barre de garniture (*pl.* 175, *fig.* 1008) la longueur obtenue par les formules indiquées plus haut. La forme de la barre est celle d'un solide d'égale résistance à huit pans, jusqu'au point où elle doit être tournée cylindriquement pour pouvoir coulisser dans le chariot. Elle est terminée par deux oreilles traversées par quatre boulons, qui la réunissent à un chapeau ; l'intérieur des oreilles et du chapeau est alésé, et embrasse la mèche, qu'une clavette rend solidaire de la barre.

Le module de flexion $\frac{\text{A}}{e}$ de la barre au collet doit être proportionné au moment de l'effort de

l'eau sur le gouvernail, ou au moment de torsion sur la mèche ; on peut adopter, entre $\frac{A}{e}$ et le module de torsion de la mèche, le rapport :

$$\frac{\frac{A}{e}}{\frac{\pi d^3}{16}} = 0,425,$$

ce qui donne comme charge à la flexion, en faisant les mêmes hypothèses que pour les mèches, 9^k,70 à 10^k,30 suivant le diamètre de la mèche.

Les barres construites suivant ces proportions paraissent résister convenablement ; il convient de remarquer que ces efforts ne sont atteints qu'au moment où on porte la barre à 35°.

Si l'on prend, comme section transversale au collet, un rectangle, dont le côté vertical est les $\frac{64}{100}$ du côté horizontal b, on aura :

$$\frac{A}{e} = \frac{0.64\,b^3}{6},$$

et par suite :

$$\frac{b^3}{d^3} = \frac{\pi}{16} \times \frac{0,425 \times 6}{0,64}$$

$$b = 0,921 . d = 0,02865 \sqrt[3]{M v^2}.$$

Les dimensions des autres parties de la barre, celles des boulons pourront se déduire de celle-ci, de manière qu'elles se rapprochent de l'égalité de résistance ; on trouvera d'ailleurs (*pl.* 175) à la figure 1008, la forme type d'une barre à chariot.

Des nécessités locales peuvent obliger à s'écarter de cette disposition simple. Quand l'arrière est à puits, et ne permet pas le jeu d'une barre placée sur l'avant de la mèche, on est obligé d'employer une barre coudée (*pl.* 175, *fig.* 1009), ou retournée sur l'arrière (*pl.* 175, *fig.* 1010), ou un parallélogramme articulé (*pl.* 176, *fig.* 1011), afin de pouvoir assurer l'excursion complète du gouvernail, sans venir rencontrer le puits.

Quelquefois le gouvernail se trouve très rapproché d'une cloison étanche, que l'on veut conserver sans interruption, ou bien les formes sont trop fines pour que la barre, que l'on place très bas sur les navires cuirassés, au-dessous du pont principal, puisse avoir son excursion ; dans ce cas, on installe sur la mèche (*pl.* 174, *fig.* 1004 et *pl.* 176, *fig.* 1012), ainsi que sur une seconde mèche, qui porte la barre, des couronnes à empreintes ; elles sont reliées par des bouts de chaîne, qui, au passage de la cloison, sont remplacés par une tringle, coulissant dans un presse-étoupes. La mise en place de cette chaîne est assez peu commode, par suite de l'exiguïté de l'espace, et le faible diamètre des couronnes lui fait supporter une charge considérable.

Sur un grand nombre de bâtiments, et en particulier sur les premiers cuirassés, qui avaient des arrières pointus, adoptés par M. Dupuy de Lôme pour réduire le poids de l'arrière, il n'était pas possible d'avoir une barre de longueur convenable, clavetée sur la mèche, et d'obtenir l'angle maximum de 35°, sans rencontrer le bord. Pour tourner cette difficulté, M. Dupuy de Lôme a eu recours à une barre en deux parties (*pl.* 177, *fig.* 1013-1014) ; la première, ayant le maximum de longueur admissible, est clavetée sur la mèche ; elle porte une rainure dans laquelle glisse un coulisseau ; la seconde barre, fixée sur un pivot, a deux bras inégaux, dont l'un porte l'attache des drosses, et dont l'autre est terminé par un tourillon, qui joue dans le coulisseau. Il résulte de l'emploi de ce système articulé (*pl.* 177, *fig.* 1015), que l'effort à développer ne varie plus de la même manière, que s'il agissait directement sur la barre : l'effort normal, qui doit être appliqué par la



seconde barre à la première, pour équilibrer le moment de rotation du gouvernail autour de l'axe O, a pour valeur :

$$K \frac{M v^2}{r} \sin^2 i,$$

r étant la distance variable du point d'application de l'effort à l'axe de la mèche.

Le moment autour de l'axe A devra donc être :

$$\frac{KM v^2 \sin^2 i}{r} \times SA = \frac{M v^2 \sin^2 i}{r} d \cos(\alpha + i).$$

Le facteur $M v^2 \sin^2 i$ va en croissant, quand l'angle de barre augmente ; mais le facteur $\frac{d}{r} \cos(\alpha + i)$ décroit au contraire, et par suite de l'augmentation de r, et par la décroissance de $\cos(\alpha + i)$. On peut donc combiner l'appareil de manière à diminuer les moments à produire, et à n'avoir pas le maximum de l'effort à faire, pour l'angle de barre maximum. On remarquera que si $\alpha + i$ atteignait 90°, le moment autour de A deviendrait nul, quel que fût à cet instant le moment autour de O. Ce phénomène se produirait si les dispositions étaient telles, que la barre à coulisse OB pût arriver à être tangente à l'arc de cercle CB. Ce changement dans la répartition des moments de rotation n'est obtenu qu'au prix de quelques frottements produits dans le coulisseau ; on remarquera, en outre, que si l'angle SBA devient inférieur à l'angle de frottement, le système n'est plus réversible, c'est-à-dire que le gouvernail ne peut plus se redresser de lui-même, quand on l'abandonne, et qu'il y a arc-boutement. Il faut donc que la distance des axes a, et la longueur du bras d soient choisies de manière que l'on ait toujours :

$$\operatorname{cotg}(\alpha + i) > f.$$

f pour des surfaces onctueuses et au repos peut être pris égal à 0,18 ; par suite :

$$\operatorname{cotg}(\alpha + 35^\circ) > 0,18 ;$$

$$\alpha + 35^\circ < 80^\circ ;$$

$$\alpha < 45^\circ ;$$

et comme :

$$\frac{d}{\sin i} = \frac{r}{\sin \alpha} = \frac{a}{\sin(\alpha + i)} ; \quad \frac{d}{r} > \frac{\sin 35^\circ}{\sin 45^\circ} ; \quad \frac{a}{d} < \frac{\sin 80^\circ}{\sin 35^\circ} ;$$

$$d > 0,81\, r ; \qquad a < 1,71\, d.$$

La réversibilité du mécanisme moteur du gouvernail a l'inconvénient, si la roue échappe aux timoniers, de donner des chocs violents, de nature à détruire les différentes pièces qui le composent ; mais il est plus dangereux encore que le safran ne revienne pas de lui-même à la position droite ; si une des pièces de la transmission vient à se rompre, le navire continue l'évolution commencée, sans que rien puisse modifier son mouvement giratoire. En outre il convient que, quand le gouvernail subit les chocs de la mer, il soit retenu par un organe élastique comme la drosse, pouvant, par son extensibilité, opposer un travail résistant à la force vive des chocs, et empêcher la rupture de la mèche ou de la barre. C'est là l'inconvénient majeur des transmissions dans lesquelles l'organe non réversible se trouve en relation immédiate avec le safran, et présente aux efforts de la mer une surface qui ne peut céder, jusqu'au moment où une rupture se produit.

Barre de combat. — Il est indispensable de pouvoir, si la barre de garniture vient à rompre, manœuvrer le gouvernail au moyen d'une seconde barre, appelée *barre de combat*



(*pl.* 171, *fig.* 991 et *pl.* 173, *fig.* 1002). Le plus souvent cette barre n'est mise en place qu'au moment où la première est rompue, et par suite son installation sur la tête de la mèche est presque impossible, si on ne dispose pas d'un frein, pour la rendre immobile. Même avec cette installation, il est préférable, si on le peut sans trop de gêne, de placer la barre de combat à demeure sur la mèche. La forme de la barre de combat varie suivant les dispositions locales; souvent elle viendra s'emmancher sur la mèche au ras d'un pont, et dans ce cas recevra la mèche dans une douille creuse, à clavette, si elle est établie à demeure, à huit pans, si elle est amovible ; elle devra se relever à 1^{m},20 environ au-dessus du pont, et deux palans fouettés sur son extrémité, et faisant retour en abord, serviront à la manœuvrer. On lui donnera autant que possible une grande longueur sans s'astreindre à obtenir l'angle de 35°, mais en cherchant plutôt à réduire l'effort à développer.

La barre de combat, étant destinée à servir surtout par mauvais temps, devrait avoir une résistance au moins égale à celle de la barre de garniture ; mais la nécessité, quand elle n'est pas clavetée à demeure sur la mèche, de lui conserver une légèreté qui la rende maniable, conduit trop souvent à la faire plus faible ; sur un grand navire, la mise en place de la barre de combat est toujours une opération pénible, et même dangereuse par grand roulis.

Chariot et tamisaille. — Si l'on fixait directement les extrémités de la drosse sur celle de la barre de garniture, la longueur de drosse nécessaire, qui, la barre droite, est ABCDEFA (*pl.* 177, *fig.* 1016), deviendrait, la barre étant mise toute d'un bord, ABCEFA, plus petite par conséquent de 2 (CD—CM). Le brin menant ABC étant tendu, il en résulterait sur le brin mené un mou, qu'il faudrait embraquer, avant de décider la barre à reprendre le mouvement inverse.

Bien des systèmes ont été imaginés pour éviter ce mou ; ainsi on a essayé l'emploi de tambours galbés, proportionnés de manière que la variation des circonférences compensât la variation des parcours faits par la drosse.

Le moyen presque toujours usité aujourd'hui consiste à atteler la drosse, non pas sur la barre elle-même, mais sur un chariot (*pl.* 177, *fig.* 1017-1018), qui coulisse sur la barre, et est conduit sur une ligne droite, parallèle à celle qui joint les retours de la drosse sur la muraille. Ce chariot se compose le plus souvent d'une douille en bronze à deux tourillons, traversée par la partie tournée de la barre, et de deux plaques en tôle, maintenues à distance constante par des boulons à entretoises, qui comprennent entre elles les réas de retour des drosses, quand celles-ci sont à plusieurs cordons. L'axe des tourillons de la douille est vertical, et celle-ci peut suivre tous les angles de barre, sans déranger le chariot de sa course rectiligne.

Généralement le chariot est dirigé par des guides en bronze à frottement, ou *tamisaille*, fixés sur les côtés des barrots, ou sur des remplissages placés entre barrots ; quelquefois le chariot est porté par des galets, destinés à adoucir le frottement sur la tamisaille. Mais le plus souvent l'effort des drosses, n'agissant pas à la hauteur de l'axe de ces galets, fait qu'ils portent inégalement, et que l'effet cherché n'est pas obtenu.

Sur les grands cuirassés, où un compartiment spécial est réservé à la barre, on fait quelquefois courir le chariot sur le pont (*pl.* 172, *fig.* 994), dressé de manière à fournir l'espace plan nécessaire à son parcours.

Diamètre des drosses. — Les portions des drosses, destinées à s'enrouler sur le marbre, ou à s'infléchir sur les retours, sont confectionnées en lanières de cuir de vache à l'eau, commises en aussières, et imprégnées d'huile de poisson. Elles ont une assez grande souplesse, et une élasticité, qui leur permet de céder sous les chocs, et de ne pas les transmettre au reste du mécanisme. Elles ont en revanche l'inconvénient de prendre peu à peu un allongement permanent, nuisible au fono-

tionnement rapide du gouvernail, qu'il faut supprimer de temps à autre, soit en refaisant leurs dormants, soit en intercalant dans les parties rectilignes des ridoirs à vis.

Si l'on appelle C la circonférence en millimètres des drosses, et ρ leur charge par millimètre carré, la section étant supposée pleine, on aura, pour déterminer C, l'équation :

$$\rho \times a \times \frac{C^2}{4\pi} = \frac{M v^2}{l} \sin^2 i \times K,$$

K, a, et $\frac{M v^2}{l}$ ayant les mêmes significations que plus haut ; on pourra en tirer :

$$C^2 = \frac{4\pi \times K \sin^2 i}{a\rho} \times \frac{M v^2}{l}. \tag{1}$$

Les résultats moyens d'un grand nombre de bâtiments donnent les relations de même forme :

$$C^2 = 270 \frac{M v^2}{l} \qquad \text{pour } a = 2$$

$$C^2 = 190 \frac{M v^2}{l} \qquad \text{pour } a = 3$$

$$C^2 = 150 \frac{M v^2}{l} \qquad \text{pour } a = 4.$$

Nous avons le droit d'identifier le coefficient de $\frac{M v^2}{l}$ de ces trois dernières équations avec celui de l'équation (1). Si on admet comme précédemment $K = 82^k,70$, $\sin^2 i = 0,33$, on obtient, en identifiant $\frac{4\pi K \sin^2 i}{a\rho}$ à ses différentes valeurs :

$$\rho = 0^k,64 \qquad \text{pour } a = 2$$
$$\rho = 0^k,60 \qquad \text{pour } a = 3$$
$$\rho = 0^k,58 \qquad \text{pour } a = 4.$$

Il est naturel de renforcer les drosses, au fur et à mesure que les retours augmentent les frottements.

La charge de rupture des drosses est, pour des drosses neuves, $0^k,40\,C^2$, soit 5 kilogrammes par millimètre carré, et pour des drosses un peu usées $0^k,20\,C^2$, ou $2^k,50$ par millimètre carré ; on voit donc que la charge en service est le quart environ de la charge de rupture.

Drosses métalliques. — Les drosses en lanières de cuir s'allongent beaucoup, et sont de plus assez chères ; en outre dans certaines régions très chaudes, telles que le voisinage des cuisines, le faux-pont au-dessus des chaudières, elles sont exposées à une rapide détérioration. On les remplace, dans les parties rectilignes de leur parcours, par des drosses métalliques, formées soit de bouts de chaînes sans étai, soit, ce qui vaut mieux, de tringles de fer aussi longues que possible, réunies par des œils placés à leurs extrémités ; on peut enfin employer avantageusement des cordages métalliques. La réunion des drosses en cuir aux drosses en métal se fait au moyen d'une sorte de pince (*pl.* 178, *fig.* 1019), qui embrasse le bout de la drosse en cuir, est serrée par un anneau mis en place à chaud, et est fixée par une manille à l'extrémité de la portion métallique.

Les dimensions des drosses en fer peuvent être déterminées de la manière suivante : C étant la circonférence de la drosse en cuir, on a pour sa charge de rupture, quand elle a servi quelque temps :

$$P = 0,20\,C^2.$$

Si on admet que la charge de rupture du fer est de 30 kilogrammes, on aura, en appelant d le diamètre de la drosse en fer de résistance égale :

$$\frac{\pi d^2}{4} \times 30 = 0,20C^2,$$

d'où :

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0,20}{30 \times 3,14}} \times C = 0,09C.$$

Dans leur parcours, les drosses sont soutenues sous barrots par des galets en bronze (*pl.* 178, *fig.* 1020), ou en gaïac ; quand le barrotage est en fer, on peut quelquefois les faire passer dans un trou à mi-hauteur du barrot, en ajoutant un galet, qui les empêche de porter contre les bords de l'évidement. Il convient d'étudier les passages de manière à avoir aussi peu de retours que possible, de les placer, autant qu'on le pourra, en dehors des logements, en les dissimulant le long des cloisons longitudinales, et dans les endroits où il y aura le moins à craindre que des objets étrangers ne viennent s'engager.

Roue. — La roue, ou treuil de manœuvre du gouvernail, se compose essentiellement d'un tambour, ou *marbre* (*pl.* 178, *fig.* 1021), sur lequel s'enroule la drosse, et de 1, 2 ou 3 plans de rayons, sur les manettes desquels agissent les hommes de barre. Elle est soutenue par deux supports, en bois le plus souvent; le fer ne doit pas y entrer à cause du voisinage des compas. Le marbre est généralement cylindrique, quelquefois galbé pour embraquer le mou, quand il n'y a pas de chariot. La partie milieu de la drosse passe dans une engoujure longitudinale pratiquée dans le marbre (*pl.* 178, *fig.* 1022), s'enroule en sens inverse aux deux extrémités, et les deux brins pendants, ainsi ramenés au milieu, viennent descendre l'un à côté de l'autre; quand on fait tourner la roue, l'un d'eux s'enroule de la même quantité que l'autre se déroule ; ils restent par suite constamment voisins, et traversent le pont dans une ouverture allongée, recouverte par une planchette à coulisse, qui les suit dans tous leurs mouvements.

Quelquefois aussi les brins de la drosse restent fixes (*pl.* 178, *fig.* 1023), et la roue avance ou recule proportionnellement au nombre de tours, son axe longitudinal étant fileté d'un côté, et passant dans un palier, dont le taraudage a un pas égal au diamètre de la drosse. Dans ce cas, l'écartement des supports est double de la longueur du marbre ; l'axe doit donc être renforcé, et, si la roue échappe aux hommes de barre, elle peut être lancée contre ses supports et brisée.

La roue porte un *axiomètre*, instrument composé d'un mécanisme à engrenages, qui déplace une aiguille sur un cadran, devant une double graduation mesurant l'angle de barre, et le nombre de tours fait par la roue à tribord ou à babord. L'une des manettes porte en outre un dé en cuivre, repère qui doit être vertical, quand la barre est droite. Les roues et les volants des servo-moteurs sont disposés de manière qu'il faille en porter la partie supérieure du bord (droite ou gauche) sur lequel on veut abattre ; l'aiguille de l'axiomètre marche dans le même sens (1).

Il arrive souvent que l'on a deux roues placées à l'aplomb l'une de l'autre (*pl.* 178, *fig.* 1024), l'une sur une passerelle par exemple, l'autre dans la batterie ou le faux-pont. Dans ce cas, la roue inférieure reçoit seule la drosse, et la roue supérieure lui est reliée au moyen d'une chaîne Galle, qui passe sur des pignons clavetés sur les extrémités des deux axes ; l'axe de la roue supérieure traverse des paliers supportés par des vis, qui servent de tendeurs à la transmission.

Postes divers de commande du gouvernail. — Sur les navires à voiles, la roue devait

(1) Circulaire du 24 avril 1884.

se trouver vers l'arrière, afin que le timonier pût bien voir la voilure, et gouverner de manière à la faire porter; elle se plaçait sur le pont à l'avant du mât d'artimon. Sur les navires à vapeur, la position de la roue doit être telle que le timonier puisse bien voir l'avant du bâtiment; on l'établit sur la passerelle ou sur un roof, élevé autant que possible sur l'avant de la cheminée, et on la protège par un abri vitré, et sur les navires de combat par un masque en tôle, ou même en plaques de blindage.

Sur la plupart des navires de guerre, on conserve la roue de l'arrière en même temps que celle de la passerelle, et il importe que l'on puisse employer l'une ou l'autre à volonté, sans avoir aucun démontage à faire, et que de plus, quand on se sert de l'une, l'autre reste immobile, et ne risque pas, si elle vient à accrocher quelque manœuvre, d'entraver le mouvement.

Divers cas peuvent se présenter, représentés par les diagrammes 1025-1026-1027 (*pl.* 179). Selon que la barre a un nombre pair ou impair de brins, le dormant se fait sur la muraille ou sur le chariot. Si l'on suppose un nombre de cordons impair (*pl.* 179, *fig.* 1025), et que l'on veuille que les drosses des deux roues forment un circuit fermé, on pourra, au lieu de faire dormant en BB, ajouter deux rouets EE sur le chariot, deux retours MM, et, faisant dormant en CC, ou en BB, conduire la barre avec la roue avant ou la roue arrière, et le même nombre de cordons; mais il est facile de voir que la roue non manœuvrée suivra les mouvements de la barre, ce qui, outre les autres inconvénients signalés, augmentera les résistances.

Avec un nombre pair de cordons (*pl.* 179, *fig.* 1026-1027), il suffira de faire passer la drosse prolongée sur deux retours MM, et de faire dormant alternativement en AA ou sur les rouets BB, pour conduire la barre avec la roue de l'arrière, ou celle de l'avant, sans que celle dont on ne se sert pas soit entraînée. Les drosses sans fin à nombre pair de cordons sont donc préférables.

Pour que la transmission ait la douceur nécessaire, il convient d'adopter des rouets au rapport 6, et de prendre des essieux dont le diamètre soit les $\frac{12}{100}$ de celui des rouets.

Barres renversées. — On est souvent obligé, par suite de l'espace dont on dispose, d'établir d'une manière différente les transmissions. Ainsi quand la barre doit trouver sa place sur le gaillard, et que la présence d'une pièce de canon, ou de tout autre obstacle, ne permet pas de l'établir sur l'avant de la mèche, on la met sur l'arrière (*pl.* 179, *fig.* 1028), en la munissant d'un double secteur, aux extrémités duquel viennent aboutir les drosses, qui passent sur des réas, pour suivre le contour de l'arrière. Cette disposition est surtout applicable sur de petits bâtiments, dont l'arrière a beaucoup de quête.

Une disposition analogue a été employée à bord du Japon (*pl.* 179, *fig.* 1029). La barre est articulée en son milieu à une pièce en fer, dont une extrémité coulisse dans une glissière parallèle à l'axe du navire, et dont l'autre, portant le chariot, est par suite guidée sur une ligne droite transversale.

Commande des gouvernails sur les navires de commerce. — Sur beaucoup de navires de commerce, on supprime les drosses et le marbre, et on a recours à des combinaisons d'engrenages ou de vis, pour multiplier l'effort. Si on admet la réversibilité du système, on peut le réduire à deux roues d'angle de diamètre convenable, calées l'une sur la mèche, l'autre sur l'axe d'une roue à manettes. Si on veut un système non réversible, on peut employer une double vis (*pl.* 180, *fig.* 1030) actionnant deux écrous, attelés sur les deux extrémités d'une barre courte, clavetée sur la mèche.

Freins. — Quand un accident survient, et nécessite soit l'installation de la barre de combat, soit le changement des drosses, il faut avant tout immobiliser le gouvernail. Sur les gouvernails en

bois à mèches carrées, on se contentait d'enfoncer des coins autour de la tête de la mèche dans son étambrai. Divers systèmes de freins ont été imaginés pour les mèches en fer.

Quelquefois on se contente d'une simple goupille (*pl.* 181, *fig.* 1031-1032), passant dans un collier claveté sur la mèche, et dans une pièce fixe attachée à la coque. Il est presque impossible d'enfoncer cette goupille au moment où ses deux logements passent rapidement l'un devant l'autre; d'ailleurs pour que cette goupille, placée à peu de distance de l'axe, pût résister, il faudrait qu'elle eût des dimensions considérables, comparables à celles de la barre.

Une autre disposition consiste à employer, au lieu d'une goupille, une clavette ou un coin (*pl.* 180, *fig.* 1033-1034), qui se loge dans l'entaille d'un collier solidement fixé au pont, et qui appuie sur une des faces planes du six pans, pratiqué sur la tête de la mèche. Tous ces systèmes, qui arrêtent brusquement le gouvernail par un obstacle infranchissable, sont difficiles à employer, et d'autant plus dangereux que l'espace disponible est généralement très restreint.

L'emploi d'un frein à frottement est de beaucoup préférable ; on peut le former de deux mâchoires à charnière, fixées au pont, ou d'une lame portant des voussoirs en bois (*pl.* 180, *fig.* 1035-1036), et serrée par une vis sur un collier de forme appropriée, claveté sur la mèche. Le serrage de la vis produit un frottement gradué, qui, si le diamètre du tambour est suffisant, arrête peu à peu le gouvernail.

Nous citerons enfin le frein en cordage, imaginé par M. l'ingénieur de la marine de Maupeou (*pl.* 181, *fig.* 1037), pour empêcher par mauvais temps la barre de venir frapper la muraille; c'est un simple erseau en cordage fixé aux barrots, qui limite l'excursion de la barre; le mou qu'il prend, quand elle est droite, est assez gênant pour la circulation, et de plus il ne permet pas de fixer la mèche pour mettre en place la barre de combat.

Gouvernails multiples. — Le gouvernail est généralement unique et placé à l'arrière; quelquefois cependant, pour augmenter la puissance d'évolution, on peut, comme sur le Tonnerre (*pl.* 181, *fig.* 1038-1039), en placer deux, que l'on conduit simultanément, au moyen d'une barre clavetée sur une fausse mèche, et reliée aux mèches des deux gouvernails par des chaînes sans fin, passant sur des couronnes à empreintes.

Quelquefois aussi on place sur les bateaux de rivière un gouvernail supplémentaire à l'avant (*pl.* 182, *fig.* 1040-1041), gouvernail qui peut se démonter, quand on est à la mer, et qui est conduit en même temps que celui de l'arrière, au moyen de drosses, qui viennent faire dormant sur la barre franche, après avoir passé sur des réas de retour.

Quelquefois enfin, on emploie des gouvernails supplémentaires, qui font saillie sur la coque, et descendent dans des puits, à l'imitation des dériveurs, placés sur les navires à voiles de plaisance à faible tirant d'eau. Cette disposition est employée sur un certain nombre de torpilleurs (*pl.* 184, *fig.* 1042).

Autres modes de transmission. — Nous citerons encore, comme pouvant se rencontrer quelquefois, des modes de transmission, dans lesquels les drosses sont supprimées, et la puissance motrice transmise par de l'eau comprimée.

Manœuvre mécanique des gouvernails. — La manœuvre à bras des gouvernails a l'inconvénient d'exiger un travail musculaire assez fatigant, sur les navires qui ont à évoluer fréquemment, sur les navires à grande vitesse et sur ceux dont le safran est développé pour réduire le cercle de giration; les hommes de barre, dont le nombre ne peut guère dépasser six, et dont les efforts ne sont pas concordants, ont bien de la peine à porter la barre toute d'un bord. Ce qui est plus important encore, c'est que les navires actuels, que l'on cherche à douer d'une vitesse de plus en plus

grande, ne peuvent combattre avantageusement que s'ils joignent à la vitesse une rapidité proportionnée dans les évolutions, rapidité que la manœuvre à bras ne permet pas d'obtenir. Un grand nombre d'appareils ont été imaginés, dans le but de substituer à l'effort des hommes un effort mécanique, susceptible à la fois d'une puissance plus considérable, et d'une rapidité d'action presque instantanée.

Nous nous contenterons de rappeler l'installation déjà ancienne d'une machine à vapeur, pour commander le gouvernail de la Numancia, frégate cuirassée espagnole, construite par les Forges et Chantiers de la Méditerranée. Cet appareil avait l'inconvénient qu'une fois la valve d'arrivée de vapeur ouverte, la machine entraînait le gouvernail jusqu'à son angle extrême, à moins que l'homme de barre ne fermât à propos l'arrivée de vapeur, défaut commun à tous les appareils de ce genre qui n'ont pas de mécanisme d'asservissement.

Nous citerons encore l'appareil original de l'amiral anglais Inglefield (*pl.* 185, *fig.* 1043), qui employait comme puissance motrice la pression de l'eau, pénétrant dans la coque par une prise d'eau placée aussi bas que possible. Admise dans un cylindre de grand diamètre A, cette eau, dont la pression était d'une demi-atmosphère environ, agissait sur le piston d'un cylindre B, d'un diamètre de beaucoup inférieur, dans lequel on obtenait une pression de 40 atmosphères environ. Cette pression était transmise par un tuyautage à la barre ; le chariot portait un double cylindre, dont les pistons plongeurs étaient fixés à la muraille ; en envoyant l'eau sous pression tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, on obtenait l'angle de barre voulu. Bien entendu l'eau dépensée coulait dans la cale, et était rejetée au dehors par une pompe. Nous donnons (*pl.* 185, *fig.* 1043) la disposition de cet appareil sur les corvettes cuirassées turques. On avait ainsi un appareil peut-être un peu lourd et encombrant, mais toujours prêt à fonctionner, sans qu'on eût à s'inquiéter d'allumer une chaudière.

Il a été imaginé d'autres appareils, dans lesquels on emploie l'eau sous pression ; mais ils supposent tous l'installation d'accumulateurs et de pompes mues par la vapeur, qui peuvent, dans des cas particuliers, offrir des avantages sur les appareils dans lesquels la vapeur est employée sans intermédiaire.

Les appareils usités aujourd'hui sont beaucoup plus parfaits, en ce qu'ils donnent automatiquement à la barre un déplacement, lié par une relation cinématique avec celui que décrit la main du timonier, agissant sans effort sur un volant. Dans les appareils de ce genre, livrés à la marine française par MM. Farcot et Duclos, ce résultat est obtenu en ne rendant plus l'organe de distribution et de changement de marche du moteur solidaire du manipulateur, mais en lui faisant parcourir un chemin proportionnel à l'écart angulaire du manipulateur et du tambour d'enroulement.

Il en résulte qu'à tout déplacement du manipulateur correspond un mouvement identique du tambour, et, grâce aux drosses, une similitude complète entre le mouvement de la barre et celui du manipulateur. Dès lors, aux roues de grand diamètre, occupant un nombre d'hommes considérable, se substituent des volants faciles à loger, même dans des abris blindés, conduits par un seul homme, et dont on peut par suite multiplier le nombre. Les drosses ne sont plus nécessaires qu'entre le chariot de la barre et le moteur, que l'on peut établir, si on le veut, à peu de distance d'elle et à l'abri des projectiles. Des volants au moteur, on peut placer avec plus de facilité des transmissions légères, qui sont moins exposées à être coupées, et qu'il suffit de faire assez résistantes, pour qu'elles ne prennent pas de mou.

Nous n'entrerons pas dans la description des servo-moteurs, qui sortirait du cadre de ce cours. Nous nous bornerons à indiquer l'installation des appareils à gouverner du cuirassé l'Amiral-Duperré (*pl.* 183-184, *fig.* 1044-1045), et du transport la Nive (*pl.* 186, *fig.* 1046-1047).



Sur l'Amiral-Duperré, le tambour d'enroulement des drosses A reçoit son mouvement d'un arbre B, et est commandé au moyen d'une chaîne Galle g de 10,000 kilogrammes par le servo-moteur Farcot M, placé sous le pont cuirassé à l'arrière de la chambre des machines ; par une roue à bras R placée au même endroit, et une roue R' placée sur une plate-forme à l'avant du mât d'artimon, et conjuguée à la première par une chaîne Galle g' de 10,000 kilogrammes.

Le servo-moteur Farcot peut être commandé par son manipulateur en M. Il peut l'être également de la plate-forme de la roue R' par le manipulateur m, qui, au moyen des deux arbres horizontaux a et a', et des chaînes Galle g'' et g''', met en mouvement le tiroir.

Deux autres manipulateurs, m_1, placé dans l'abri de la passerelle, m_2, dans le panneau blindé, servent indirectement au même usage; ils commandent directement par des chaînes Galle de 750 kilogrammes un petit servo-moteur M', qui, au moyen des arbres C, D, a', et de chaînes Galle de 1,500 kilogrammes, met en mouvement le tiroir du servo-moteur M.

Sur la Nive (*pl.* 186, *fig.* 1046-1047), il existe deux commandes par le servo-moteur, l'une sur la passerelle, l'autre dans la batterie basse ; elles sont conjuguées au moyen d'une chaîne sans fin, passant dans des tubes verticaux, et d'un bout d'arbre horizontal sous barrots. Le servo-moteur est placé dans la batterie basse ; au-dessus de lui et sous barrots est suspendu le marbre des drosses; celles-ci, après avoir passé sur les retours nécessaires, vont garnir les rouets du chariot, puis remontent sur la dunette passer sur une couronne à empreintes, calée sur l'axe d'une roue à bras. Une seconde roue à bras est placée à l'arrière du manipulateur de la passerelle ; elle est reliée par une chaîne Galle au tambour des drosses, placé à son aplomb. La roue de l'arrière doit être bossée, quand on gouverne soit avec la roue de l'avant, soit avec le servo-moteur.

Sur d'autres navires, où on a moins à redouter pour l'appareil les projectiles ennemis, on peut adopter d'autres dispositions : souvent on place le tambour d'enroulement tout près du servo-moteur, et on laisse aux drosses leur parcours habituel ; quelquefois même, sur certains paquebots, on place le servo-moteur sur le pont des gaillards ou sur la passerelle dans une cabine, et on fait remonter les drosses verticalement.

Gouvernails de fortune. — Si le gouvernail vient à être emporté, on cherche à le remplacer par un appareil provisoire, permettant au navire de gagner un port de réparation. La perte du gouvernail est un accident d'une extrême gravité, qui rend le navire le jouet des flots, ne lui permet plus de faire porter sa voilure, et l'expose à des coups de mer de la plus grande violence. La confection d'un gouvernail de fortune doit se faire rapidement, avec les objets dont on dispose à bord ; nous en citerons quelques exemples.

Gouvernail Quoniam. — Ce gouvernail (*pl.* 183, *fig.* 1048) se compose d'un espar, une vergue de hune par exemple, mise en travers sur le couronnement, et solidement fixée ; à chaque bout est suspendue, par un cordage ayant pour longueur la moitié de celle du navire, une moitié d'une barrique sciée en deux (*pl.* 184, *fig.* 1049), estropée de manière à flotter sur l'eau sans présenter de résistance. Deux autres cordages, passant dans un œil des premiers, sont fixés à la barrique par une patte-d'oie, et viennent s'enrouler sur le marbre de la roue, à la place des drosses.

En tournant la roue, on tend l'un des cordages, on couche la barrique correspondante, et on produit une résistance latérale, qui fait évoluer le navire. La longueur des cordages est calculée pour que les deux barriques puissent se relever simultanément, quand la barre est droite, et se coucher alternativement.

Gouvernail Cabaret. — Ce gouvernail (*pl.* 186, *fig.* 1050) a pour mèche un mât de hune,

dont la caisse est placée en bas. Sur l'arrière du mât de hune, sont disposés parallèlement plusieurs espars ou bordages, assemblés au moyen de tronçons de bouts-dehors placés de part et d'autre, et bridés deux à deux ; des bouts de bordage, enfoncés dans les mortaises du mât de hune, servent également à fixer les pièces de ce safran.

La barre est un espar enfoncé dans un clan de la tête du mât ; plusieurs chaînes ou cordages, amarrés à différentes hauteurs sur la mèche, la retiennent à une distance fixe de l'arrière. Un autre bout de chaine part du sommet du safran, vient passer dans le femelot supérieur, et empêche le safran de se soulever.

On peut exécuter des gouvernails plus simples encore pour de petits bâtiments ; un mât de hune, plongeant dans l'eau à l'arrière, peut fonctionner comme un aviron de queue ; une drome d'espars jetée à la mer, et retenue à bord par deux cordages amarrés à ses deux extrémités, peut également servir ; en filant ou embraquant alternativement les deux cordages, on développe une force résistante, oblique à l'axe du navire, qui le fait tomber sur un bord.

Tous ces systèmes seraient sans valeur sérieuse sur un navire de grande dimension, où d'ailleurs les gros espars nécessaires deviennent de plus en plus rares ; le mieux sera de soigner le plus possible l'installation et la manœuvre du gouvernail, auquel il sera presque impossible de suppléer.

CHAPITRE XLIII.

ANCRES. — CABLES-CHAÎNES.

Corps morts. — Le navire au mouillage est maintenu immobile par des ancres, qui mordent sur le fond, et auxquelles il est fixé par des câbles ou des chaînes. Dans les rades des ports de guerre, on établit d'une manière permanente des postes d'amarrage appelés *corps morts,* dont la chaîne vient aboutir à un coffre flottant.

Quand il n'existe pas de corps morts, le navire mouille sur une seule ancre, ou s'affourche sur deux ancres. Nous examinerons en premier lieu les ancres, les câbles-chaînes, et les appareils qui servent à fixer le câble-chaîne au navire.

Ancre réglementaire (*pl.* 187, *fig.* 1051-1052). — Les ancres employées dans la marine française sont fabriquées à l'usine de Guérigny, avec du fer forgé de première qualité. Leurs principales parties sont :

1° La *verge* A en fer forgé, de forme méplate, terminée à sa partie supérieure par un œil, pour recevoir l'organeau ; un carré ou *culasse* portant deux saillies *a*, appelées *tourillons*, sert à recevoir le jas, s'il est en bois, et à l'empêcher de se déplacer; s'il est en fer, il passe dans un trou rond ménagé dans la verge ;

2° Les *bras* BB, partie recourbée, partant de l'extrémité la plus forte de la verge ;

3° Les *pattes* CC, surfaces plates triangulaires ; leur base porte le nom d'*oreilles*, leur sommet D s'appelle le *bec ;*

4° Le *diamant* E, extrémité de la verge du côté des pattes ;

5° Le *jas* F; s'il est en bois, il se compose de deux pièces de bois légèrement courbes, comprenant entre elles le carré de la verge, et présentant des mortaises, dans lesquelles s'engagent les tourillons, qui les empêchent de glisser. Des cercles en fer et des chevilles réunissent les deux pièces du jas.

Le jas en fer (*pl.* 187, *fig.* 1053) est une barre de fer rond, recourbée à une extrémité et terminée par deux pommes, traversant la culasse dans un trou circulaire. Quand il est en place, la verge est maintenue entre un épaulement du jas, placé du côté rectiligne, et une rondelle, arrêtée par une clavette ; en repoussant la clavette on peut faire glisser le jas, et le rabattre parallèlement à la verge. Le but du jas est de forcer l'ancre à se placer sur le fond, le plan des bras vertical, et d'obliger l'une des pattes à mordre ; sans jas, l'ancre tomberait à plat. La longueur du jas est égale à celle de la verge ;

6° Le dernier maillon de la chaîne passe dans une manille G, fixée à l'ancre par un boulon, et appelée *cigale* ou *organeau* (*pl.* 187, *fig.* 1051).

Dans les anciennes ancres, destinées à des câbles en chanvre, l'organeau était un anneau rond de grande dimension.

On appelle *angle de prise* l'angle formé entre la surface intérieure de la patte et la ligne allant du bout du bec au centre du trou de l'organeau. Cet angle est de 115°.

Dimensions des ancres. — Les ancres sont des solides semblables, qui ont pour type une ancre, dont la verge a 1 mètre de long, et dont le poids est de 37k,500, non compris le jas, la cigale et le boulon. Les proportions des ancres ont été établies par des essais de leurs différentes parties à la presse hydraulique; le point le plus délicat est la jonction des pattes et de la verge.

Les dimensions de l'ancre type sont données dans le tableau ci-dessous :

Dimensions de l'ancre type du poids de 37kg,500.

	Longueurs.
	m
Longueur totale de la verge	1,00000
Longueur de la culasse	0,19980
Distance du centre du trou de l'organeau au bout de la verge	0,04070
Largeur de la verge au milieu de la longueur totale	0,06590
Épaisseur de la verge au milieu de la longueur totale	0,04300
Largeur de la verge à la croisée	0,07396
Longueur totale de l'envergure	0,70203
Distance de la ligne des becs au diamant	0,29370
Longueur des bras	0,37780
Largeur moyenne des bras	0,06528
Rayon de courbure intérieure des bras	0,46560
Épaisseur moyenne des bras	0,04636
Rayon de courbure extérieure des bras	0,47840
Longueur développée de la patte et du bec	0,24700
Plus grande largeur de la patte	0,18900
Épaisseur au milieu de cette largeur	0,05515
Largeur à la naissance du bec	0,03796
Épaisseur au milieu de cette largeur	0,02717
Longueur du bec	0,03497

Pour trouver les dimensions linéaires d'une ancre d'un poids donné, il suffit de multiplier les dimensions portées sur ce tableau par le rapport de similitude $\sqrt[3]{\frac{P}{37,500}}$.

Le jas en bois a pour plus grande largeur celle de la culasse, multipliée par 2,75. Son épaisseur est égale à 0,11 de sa longueur; le carré des extrémités a pour côté les $\frac{2}{3}$ de l'épaisseur. Le jas en fer a pour poids celui de l'ancre divisé par 4,6.

Répartition des ancres. — Les ancres sont rangées par le règlement d'armement en 17 catégories, correspondant aux différents types de navires, les poids variant de 5,100 à 350 kilogrammes; au-dessous de 350 kilogrammes, elles ne servent que pour de très petits bâtiments, ou comme moyens accessoires d'amarrage, pour embossage, croupiat, etc. De 5,100 à 2,300 kilogrammes, les poids varient de 200 kilogrammes d'un type à l'autre; au-dessous, les poids décroissent de 100, puis de 50 kilogrammes. Le tableau suivant donne les poids des ancres, et les calibres des câbles-chaînes qui y correspondent.

TABLEAU.

Dimensions des ancres et câbles-chaînes.

NUMÉROS d'ordre des câbles-chaînes.	POIDS des ancres.	DIAMÈTRE du fer de la chaîne.	FORCE d'épreuve de la chaîne.	POIDS de la chaîne par mètre courant.	DESTINATION.
	Kilogrammes	mm	kg	kg	
0	Diverses.	60	95000	78,100	Corps morts. Gros cuirassés.
1	5100 à 4900	58	89000	73,000	Vaisseaux cuirassés : Océan, Friedland. Anciens vaisseaux de 1er rang.
2	4700	56	83000	68,000	Cuirassé : Flandre.
3	4500	54	77000	63,300	Transports de 5,400 tonneaux : Annamite.
4	4300 4100 3900	52	71500	58,700	Anciens petits vaisseaux.
5	3700	50	66000	54,200	Corvettes cuirassées : La Galissonnière. Frégates à hélice de 1er rang.
6	3500 à 2900	48	61000	50,000	Corvettes cuirassées : Alma.
7	2700 à 2500	46	56000	45,900	Garde-côtes cuirassés : Tigre. Frégates à hélice. Croiseurs de 1re classe, type Tourville. Transports de 1,200 tonneaux, en bois.
8	2300 à 2200	44	51000	42,000	Petites frégates à hélice, frégates à roues.
9	2100 2000	42	46500	38,300	Transports de 1,200 tonneaux, en fer.
10	1900 1800	40	42500	34,700	Croiseurs de 2e classe. Infernet. Corvettes à voiles de 1er rang.
11	1700 1600 1500	38	38500	31,300	Batteries flottantes.
12	1400 1300	36	34500	28,100	Avisos de 1re classe : Forbin. Corvettes à voiles de 2e rang.
13	1200 1100	34	31000	25,100	Avisos de 1re classe : Cassard. Bricks de 1re classe.
14	1000 900	32	27000	22,200	Avisos de 2e classe.
15	800 700	30	24000	19,500	Canonnières à hélice de 1re classe. Bricks de 2e classe.
16	600	28	21000	17,000	Petits avisos et canonnières de 2e classe.
17	500 450	26	18500	14,700	Avisos de 2e classe.
18	400 350 300	24	15500	12,500	
19	250	22	13000	10,500	
20	200	20	10500	8,700	Très petits bâtiments.
21	150	18	8700	7,000	
22	125	16	6800	5,550	
23		14	4300	4,210	
24		12	3200	3,100	
25		10	2200	2,150	Chaînes sans étai.
26		8	1400	1,380	
27		6	800	0,770	

On remarquera que sur les navires de commerce la proportion du calibre de la chaîne au poids de l'ancre est réglée d'une manière très différente ; la chaîne est beaucoup plus forte, ainsi que l'établit le tableau comparatif suivant.

TABLEAU.



CALIBRE de la chaîne.	POIDS DE L'ANCRE.		
	Marine de guerre.	Règles du	
		Veritas.	Lloyd.
mm			
23,5			330
24	300 à 400	330	
30	700 à 800	610	610
36	1300 à 1400	915	
36,5			915
40	1800 à 1900	1195	
41			1195
46	2500 à 2700	1625	1626
52	3900 à 4300	2030	
52,5			2032
58	5100		
58,5			2362
60		2385	

Les ancres des navires à vapeur sont plus faibles que celles que reçoivent les navires à voiles de même déplacement, dont les formes plus pleines à l'avant, la mâture plus développée, offrent plus de prise à la mer et au vent; la machine, d'ailleurs, si elle est tenue prête à fonctionner par gros temps, peut permettre au navire à vapeur de s'éloigner de la côte, quand le navire à voiles n'aurait pas le temps d'appareiller; quelquefois même, manœuvrée avec habileté, elle peut servir à soulager les chaînes dans les rafales.

Les grands bâtiments de guerre reçoivent 5 ancres; les petits navires, qui peuvent mouiller plus près de terre, n'en reçoivent que 3.

Parmi les ancres délivrées à un même bâtiment, on distingue les ancres de *bossoir,* destinées au mouillage tantôt d'un bord, tantôt de l'autre, et pourvues d'appareils spéciaux pour les remettre à poste, appelés bossoirs. Les ancres de *veille* sont destinées à compléter par mauvais temps la tenue de l'ancre de bossoir du même bord; sur les navires qui n'ont que trois grosses ancres, la troisième ancre, placée dans un panneau, remplace les ancres de veille; celles-ci, mouillées moins fréquemment, et rentrées à bord avant l'appareillage, n'ont pas besoin de bossoir. Les bâtiments reçoivent en outre une ou plusieurs ancres de plus petite dimension, appelées ancres à *jet,* ancres de *détroit,* qui servent à des manœuvres spéciales, et sont employées pour s'embosser, pour empenneler une ancre de bossoir, etc...

Ancre de l'Amirauté anglaise (*pl.* 187, *fig.* 1054). — L'ancre réglementaire de la marine anglaise a des formes un peu différentes de celles de l'ancre de Guérigny. Toutes les sections sont arrondies; les dimensions transversales sont plus fortes, les pattes moins développées; aussi cette ancre passe-t-elle pour tenir mieux sur les fonds de roche, et moins bien sur les fonds de vase. Le jas est toujours en fer, mais la verge porte une culasse, qui permet en cours de campagne de remplacer le jas en fer, s'il est cassé, par un jas en bois.

Ancre Rodgers (*pl.* 187, *fig.* 1055). — L'ancre Rodgers, employée également dans la marine anglaise, diffère de la précédente par le renforcement des bras et la réduction des pattes. Le jas en

fer plat est traversé par la verge, et il faut démonter la cigale pour le mettre en place. Le diamant est percé d'un trou, sur lequel on peut frapper un orin.

Ancres articulées. — Les ancres que nous venons de passer en revue ont plusieurs inconvénients : elles ne mordent sur le fond que par la patte qui s'y enfonce ; quant à l'autre, non seulement elle ne concourt pas à assurer la tenue du navire, mais encore sa saillie sur le fond peut être un danger pour un navire voisin, s'il n'a pas beaucoup d'eau sous sa quille.

En second lieu, la jonction des pattes et de la verge est quelquefois imparfaite, et c'est à cet endroit que les ancres cassent le plus fréquemment. Aussi a-t-on essayé l'emploi d'ancres articulées, qui ne font pas saillie sur le fond, et ne comportent pas de soudure.

Ancre Trotmann (*pl.* 187, *fig.* 1056). — L'ancre Trotmann, perfectionnée par Porter, est fréquemment employée sur les navires de commerce. Les bras, au lieu d'être soudés à la verge, passent dans une fourche, qui la termine, et lui sont articulés par un fort boulon. Lorsque l'ancre tombe au fond, le bras inférieur vient d'abord appuyer sur un renfort de la verge, puis un ergot s'accroche au fond, et fait basculer les bras, par suite de la traction exercée par la chaîne sur la cigale; le bec inférieur mord à ce moment, et le bec supérieur vient appuyer sur la verge. Les deux lignes qui joignent les bras à l'axe de rotation font un angle de 59 degrés, et l'envergure est assez faible. La patte supérieure étant rabattue, le navire peut passer sur son ancre sans aucun risque.

L'effort de la patte n'est plus supporté uniquement par la croisée des bras, mais en partie par l'appui de la patte supérieure sur la verge, ce qui permet de rendre ces ancres plus légères que les ancres non articulées. L'inconvénient majeur est la mobilité des pattes, quand on les rentre à bord; elle peut donner lieu à des accidents.

Ancre Martin (*pl.* 187, *fig.* 1057). — L'ancre Martin est fréquemment employée en Angleterre; elle a été essayée en France dans la marine de guerre. Malgré ses grands avantages comme facilité d'installation à bord, l'infériorité de sa tenue, constatée par de récentes expériences comparatives, y a fait renoncer.

Elle se compose d'une verge courte à section rectangulaire, munie à une extrémité d'une cigale, à l'autre d'une manille pour frapper un orin. La partie inférieure de la verge forme un massif, percé d'un large trou rond pour le passage des bras.

Le jas est court et plat; il est traversé par la verge, qui s'appuie sur lui par un épaulement, et est maintenu par une clavette; il a une forme de ligne brisée, concave du côté de la cigale, et concourt, en s'enfonçant dans le sol, à la tenue.

Les bras se composent au milieu d'une partie cylindrique, de même diamètre que le trou de la verge, de deux bras courts fortement recourbés, de forme octogonale, terminés par deux pattes tranchantes, dont la largeur est un peu inférieure au diamètre du trou, afin de permettre le démontage. L'ensemble des bras est plan, et peut faire avec la verge un angle limité à 30 degrés; dans ce but, les bras sont arrêtés par un boulon, qui traverse le massif de la verge, et est contenu sur moitié de son diamètre dans une engoujure de la partie cylindrique des bras, limitée à la longueur nécessaire pour ne pas dépasser l'angle de 30 degrés.

Dans un second modèle (*pl.* 188, *fig.* 1058), l'arrêt est formé par un bourrelet allongé porté par les pattes, qui vient buter contre la face V d'une mortaise correspondante, ménagée dans la verge. Un boulon F est nécessaire dans ce cas, pour empêcher les bras de se déplacer latéralement. Dans ce type d'ancre, on a ajouté, pour faciliter la manœuvre, une manille double au milieu de la verge.

Quand l'ancre tombe sur le fond, la verge, le jas et les pattes sont dans le même plan; dès



que la chaîne vient à raidir, elle soulève la cigale, le jas et la partie supérieure de la verge; les pattes mordent au fur et à mesure que la chaîne force, jusqu'à ce que le boulon ou les buttoirs soient arrêtés par leur logement. Quand il y a un mouvement de rappel, le jas retombe, et si le fond est mou, il s'y enfonce et donne une tenue supplémentaire.

Les résultats d'expériences faites en Angleterre avaient été très satisfaisants; on attribuait à cette ancre une tenue de 50 0/0 supérieure, à poids égal, à celle de l'ancre de l'Amirauté. On a vu plus haut que les conclusions des expériences françaises ont infirmé ces résultats; peut-être cette divergence doit-elle être attribuée en partie à la qualité des fonds sur lesquels les expériences ont été faites.

L'ancre Martin a l'avantage d'une légèreté plus grande, et d'une facilité extrême de placement le long des murailles; le jas et les pattes étant dans le même plan, rien ne fait saillie; par petites profondeurs, le navire peut passer sans danger sur son ancre. En revanche, elle est difficile à draguer, si la chaîne est cassée, et, quand elle est restée longtemps mouillée ou sans servir, l'articulation se rouille et fonctionne mal; enfin, ce qui est plus grave, sa tenue paraît inférieure.

Grappins (*pl.* 188; *fig.* 1059). — Pour le mouillage des embarcations, on emploie des ancres plus légères, qui portent le nom de *grappins*. Elles n'ont pas de jas, et sont terminées par cinq pattes, ce qui leur permet de mordre sur le fond dans toutes les positions.

Câbles-chaînes. — L'ancre était autrefois reliée au navire par un câble en chanvre, ou *grelin*, qui, outre sa détérioration rapide, par suite de l'humidité qu'il conservait une fois rentré à bord, avait de nombreux inconvénients. Pour mouiller, il fallait monter dans la batterie la longueur de câble à filer, ou *bitture*, ce qui l'encombrait; la manœuvre du cabestan était incommode pour lever l'ancre (*pl.* 188, *fig.* 1060), parce qu'il fallait, au moyen de garcettes, marier le câble, trop gros pour être garni directement, à un cordage plus faible, muni de pommes, que l'on appelait *tournevire;* la tournevire, dont les deux bouts étaient aiguilletés ensemble, faisait deux ou trois tours sur la cloche du cabestan. Enfin les câbles en chanvre prenaient à bord une place considérable.

En revanche, ils avaient une grande élasticité, qui les rendait particulièrement propres à supporter les chocs causés par les coups de mer et les rafales; ils étaient légers, et, aujourd'hui encore, c'est d'un grelin qu'on se sert souvent pour élonger une ancre à jet, avec une chaloupe.

Tous les bâtiments reçoivent aujourd'hui des câbles-chaînes en fer doux; ces chaînes, confectionnées à l'usine de Guérigny, sont l'objet de vérifications très minutieuses. Chacune d'elles est essayée à la presse hydraulique sous une charge calculée, pour les chaînes au-dessus de 14 millimètres, à raison de 17 kilogrammes par millimètre carré de la double section du fer; s'il existe quelque défaut apparent, cette charge est portée à 20 kilogrammes. Les chaînes de 14 millimètres et au-dessous sont essayées à 14 kilogrammes; après l'épreuve, toutes sont visitées maille par maille, principalement aux soudures. La régularité des mailles est importante; il n'est accordé qu'une tolérance de $\frac{1}{40}$ sur la longueur de chacune d'elles, et ces tolérances doivent se compenser sur 8 mailles consécutives. En Angleterre, il existe des établissements publics, qui se chargent des vérifications du même genre pour les particuliers.

Diverses formes de mailles ont été essayées à l'origine, par exemple des mailles allongées en vue de réduire le poids; elles avaient l'inconvénient de donner lieu à des coques, qui pouvaient compromettre la manœuvre; on a également essayé des chaînes à mailles tordues, analogues aux gourmettes. L'usage de toutes les marines est aujourd'hui d'employer des chaînes à mailles plates (*pl.* 189, *fig.* 1061), munies, dès que leur dimension le permet (au-dessus de 14 millimètres), d'un étai en fonte, qui augmente la résistance, et empêche les coques. Dans les chaînes françaises, la



soudure de la maille se fait à son extrémité, et les deux bouts du fer ont des amorces croisées; dans les chaînes anglaises, la soudure est faite sur le grand côté.

Les chaînes sont divisées en bouts de 30 mètres, appelés *maillons*. A l'une des extrémités du maillon se trouve une maille *sans étai* (*pl.* 189, *fig.* 1062), à l'autre une maille *à renfort* (*pl.* 189, *fig.* 1063), munie d'un étai, qui n'est pas placé au milieu de sa longueur. On fait passer dans la maille sans étai une *manille* (*pl.* 189, *fig.* 1064), dont les deux oreilles sont traversées par un boulon, qui passe dans la partie la plus large de la maille à renfort du maillon suivant. Pour empêcher le boulon de la manille de ressortir, on le traverse par une goupille, maintenue elle-même par un tampon en plomb, refoulé dans un trou à queue d'aronde; le calibre de la manille est supérieur à celui de la chaîne de $\frac{1}{10}$. Les bouts de 30 mètres, ainsi réunis, donnent la longueur de chaîne que l'on désire former.

Tous les bouts de 30 mètres ont des nombres pairs de mailles; de 16 en 16 mailles se trouve un étai, portant une pointe pyramidale, qui sert de repère pour s'assurer, quand on garnit la chaîne au cabestan, que les manilles tomberont sur des cases verticales, où elles porteront à plat. S'il en était autrement, elles ne pourraient se loger, et risqueraient de se rompre.

Toutes les dimensions des chaînes et de leurs accessoires sont réglementées en fonction du calibre du fer (1). Les chaînes de 14 millimètres et au-dessous ne reçoivent pas d'étai, et ont des mailles plus courtes et moins ouvertes (*pl.* 189, *fig.* 1065).

Le dernier maillon est attaché par une manille à un émerillon (*pl.* 188, *fig.* 1066), fixé à l'ancre par la cigale; le calibre du fer de l'émerillon est plus fort que celui de la chaîne.

Toute chaîne reçue à bord doit, avant d'être acceptée, être garnie au cabestan, afin de s'assurer qu'elle engrène avec la couronne à empreintes.

Il existe 22 numéros de chaînes, dont les calibres vont en décroissant, depuis 58 millimètres jusqu'à 16; un numéro 0, dont le calibre est 60 millimètres, sert pour les corps morts et les gros cuirassés. On a également confectionné des chaînes de 64 millimètres pour corps morts. Il existe en outre 5 numéros de chaînes sans étai.

On délivre aux grands bâtiments, cuirassés, croiseurs de 1er rang, 32 bouts de chaînes, que l'on répartit ordinairement de la manière suivante : 12 sur chaque ancre de bossoir, 5 sur une ancre de veille, et 3 sur l'autre. Les garde-côtes ont 18 à 26 bouts de chaîne, les croiseurs de 2e rang reçoivent 24 bouts, les croiseurs de 3e rang 22, les avisos de station 20, et les avisos de flottille 15.

On délivre en outre des maillons de chaîne de calibre inférieur à 26 millimètres, qui servent, sous le nom de *grelins-chaînes*, pour les ancres à jet, mais qui ne sont pas étalingués d'une manière permanente sur ces ancres.

Les chaînes sont maintenues en service tant que leur usure est inférieure à 4 millimètres pour les chaînes de 58 à 44 millimètres, $3^{mm},5$ de 42 à 36 millimètres, 3 millimètres pour les calibres inférieurs, ou tant que l'allongement sur 10 maillons est inférieur à 80, 70 et 60 millimètres (2).

Chaînes sans soudure. — L'existence d'une soudure, quelque soigneusement qu'elle ait été faite, est une cause de faiblesse; de plus, on est porté à remplacer le fer doux par l'acier, dont l'élasticité plus grande est mieux appropriée au genre d'efforts intermittents et brusques, auxquels

(1) Voir Pl. 189.
(2) Circulaire du 3 mars 1856.

les chaînes ont à résister. Telle est la raison d'être des chaînes sans soudure en acier ; nous citerons les modèles Damoiseau et Oury.

Chaîne Damoiseau. — La chaîne Damoiseau (*pl.* 188, *fig.* 1067) se compose de maillons ayant une forme analogue à celle de la manille, l'œil de chaque branche étant assez large pour laisser passer la maille suivante. Chaque maille est formée d'une barre d'acier étirée et arrondie dans sa partie milieu, percée de deux œils dans les parties méplates des extrémités ; cette barre est repliée, après avoir été engagée dans la maille précédente. Le jonctionnement des bouts de chaîne se fait au moyen d'un maillon en deux parties (*pl.* 188, *fig.* 1068), réunies par un assemblage à queue d'aronde. Des couronnes à empreintes de forme spéciale (*pl.* 188, *fig.* 1069) peuvent être installées pour les cabestans. Ces chaînes, qui n'ont guère été fabriquées jusqu'ici que pour des calibres inférieurs à 30 millimètres, font facilement des coques, se déforment plus aisément et sont plus lourdes que les chaînes à étai, à calibre égal, à peu près aussi lourdes à résistance égale. Malgré leurs qualités, elles ne paraissent pas convenir pour la tenue des ancres.

Chaîne Oury. — La chaîne imaginée par M. Oury, maître principal de la marine, a la forme extérieure d'une chaîne ordinaire ; elle est découpée dans une barre *a* (*pl.* 189, *fig.* 1070), dont la section transversale est l'enveloppe des projections de deux maillons consécutifs. Les figures *b* et *c* indiquent la première ébauche des maillons, qui commencent à prendre leur forme extérieure, avec les arrondis aux angles. Les figures *d* et *e* indiquent le percement du vide central, qui peut être remplacé en partie par un étai.

Les maillons sont ensuite détachés les uns des autres par des trous percés obliquement (*pl.* 189, *fig.* 1071). Il ne reste plus qu'à façonner à l'étampe chaque maillon, pour arriver à la forme définitive, qui peut être à maillons ronds (*h, i*), ou à maillons allongés (*j*). Ce mode de fabrication offre des difficultés considérables pour les gros calibres ; de plus, il suffit d'une maille mauvaise, pour qu'on soit obligé d'y substituer une maille soudée, et de perdre ainsi tout l'avantage du système.

Étalingure. — Chacune des chaînes des ancres de bossoir et de veille est logée dans un puits, auquel elle est fixée par un croc à échappement, appelé *étalingure* (*pl.* 190, *fig.* 1072), qui doit être chevillé à un barrot à la partie supérieure du puits ; l'étalingure est tenue fermée par une sorte de croc à bascule, aiguilleté à un piton. Ces dispositions sont prises pour qu'on puisse sans obstacle filer la chaîne par le bout, si un mauvais temps ou une attaque imprévue nécessitent un appareillage précipité.

Une fois sortie du puits, et avant d'arriver jusqu'à l'ancre, la chaîne rencontre un certain nombre d'appareils, qui servent à modérer ou à arrêter son mouvement au moment du mouillage, et, une fois le navire mouillé, à le fixer solidement sur son ancre. Ces appareils sont l'*étrangloir*, le *chemin de fer* et les *bittes*.

Étrangloir. — La chaîne traverse le pont de la batterie, ou, s'il n'y a pas de batterie, celui du faux-pont, dans un manchon en fonte (*pl.* 190, *fig.* 1073), relié aux barrots voisins par des remplissages ou des tôles ; au-dessous du pont se trouve une lunette mobile de même diamètre, portant deux queues plates en fer forgé, qui peut coulisser parallèlement au pont, auquel elle est retenue par des agrafes en fer plat. Un levier passant dans une de ces queues, et actionné par un fort palan, entraîne la lunette, qui serre la chaîne contre le manchon. Ce serrage graduel produit sur la chaîne un frottement modéré d'abord, puis plus énergique, qui finit par l'arrêter. On engage alors entre



deux pièces en fer fixées au pont, et le bout de l'étrangloir, une clavette, qui l'empêche de revenir en arrière, et d'ouvrir de nouveau le passage.

Les proportions de l'étrangloir, en fonction du calibre de la chaîne, sont les suivantes :

Manchon, diamètre extérieur	7,5
— épaisseur	1
Collerette, diamètre	13
— rayon d'évasement	3,75
Lunette, largeur	2
— épaisseur	1,60
Tige, largeur	2,17
Levier, diamètre	1,40
— longueur	34

L'arrêt de la chaîne, quand on mouille, doit toujours se faire par l'étrangloir, et non par l'action brusque du chemin de fer, qui pourrait produire sa rupture. Pour que la chaîne soit bien étranglée, il faut que la maille prise dans la lunette soit à plat.

Une fois sur le pont, la chaîne doit se rendre en ligne droite, autant que possible, à l'endroit où elle traverse la muraille par un trou appelé *écubier;* elle doit tangenter la bitte, et passer sur son chemin de fer.

Bitte. — La bitte est un point fixe, autour duquel la chaîne, une fois le mouillage terminé, fait un tour mort ; c'est sur la bitte que se fait l'effort, dans tous les mouvements du navire ; sa solidité doit donc être parfaite. Sur les anciens navires à voiles (*pl.* 190, *fig.* 1074-1075), les bittes étaient des pièces droites, chevillées sur les barrots de deux ponts, et réunies par une traverse horizontale, qui les dépassait latéralement. La bitte et la traverse étaient protégées contre les dégradations par des garnitures en fonte, au portage de la chaîne. La chaîne entourait la bitte, ainsi que l'indique la figure, et les deux brins étaient séparés par la traverse. Sur l'avant des bittes, un arc-boutant en bois, appuyé sur un barrot, servait à les consolider.

La bitte est actuellement réduite à une pièce creuse en fonte, chevillée sur le pont, et portant sur l'avant un vide, dans lequel vient se loger la partie la plus haute d'un taquet chevillé avec les barrots et avec des entremises placées entre eux. Les deux brins de la chaîne ne doivent pas mordre l'un sur l'autre, afin que l'on puisse larguer ou mollir le tour de bitte ; on les a quelquefois séparés par une collerette hélicoïdale (*pl.* 191, *fig.* 1076-1077), venue de fonte avec la bitte ; aujourd'hui on se contente d'une collerette plane (*pl.* 191, *fig.* 1078-1079), faisant saillie sur la partie avant de la bitte, et terminée par de fortes oreilles; la chaîne venant de l'écubier passe sous l'oreille, fait un demi-tour sur la partie arrière, et revient passer au-dessus de la collerette. Une pièce de fer, appelée *paille de bitte*, traverse la partie supérieure de la bitte, et empêche la chaîne de décapeler. Celle-ci est d'ailleurs fixée au taquet de bitte, une fois qu'on a mouillé, par des bosses en cordage, crochées dans des chevilles à boucle, qui traversent obliquement les taquets (*pl.* 202, *fig.* 1137).

Sur les navires en fer, on peut installer les bittes de la même manière, à la condition de les tenir par des boulons, qui traversent les remplissages établis entre les barrots, et de placer en-dessous de ces remplissages des tôles rivées sous les barrots, sur lesquelles on force les écrous des boulons.

Quelquefois on emploie des bittes en tôles chaudronnées (*pl.* 190, *fig.* 1080), composées d'un cylindre en deux épaisseurs, dont la partie inférieure est fixée au bordé du pont, renforcé en ce point par une collerette en cornière. Une cloison centrale, formée d'une tôle et de quatre cornières,

consolide la bitte, et descend jusqu'au pont inférieur, où elle est rivée à une entremise. Au portage de la chaîne on établit une cloison horizontale que l'on évide, afin que la bitte puisse servir de manche à vent; cette disposition est fréquemment adoptée sur des cuirassés anglais.

On a disposé également sur des cuirassés français, le Courbet, par exemple, des bittes en tôle (*pl.* 191, *fig.* 1081), qui affectent la forme extérieure d'une bitte en fonte avec son taquet. Le cylindre est formé de deux épaisseurs de tôle; le taquet a la forme d'une boîte creuse, dont les parois verticales sont allégées, et qui est renforcée par des cloisons aux points d'attache des manilles des bosses. La collerette et l'oreille sont également formées de tôles et de cornières.

Quand le pont a une grande force, quand c'est un pont blindé, par exemple, la tenue de la bitte sera suffisamment assurée par des boulons en nombre convenable, traversant sa collerette, le blindage et le bordé en tôle qui se trouve en dessous; on placera sous les bittes des entremises en fers profilés, sur lesquelles on fera tomber quelques boulons. On peut ainsi se débarrasser des taquets, qui sont très encombrants.

Sur beaucoup de navires de commerce le taquet (*pl.* 192, *fig.* 1082-1083) est réduit à des nervures, placées sur l'avant de la bitte, et la réunissant à sa pince inférieure, suffisamment élargie vers l'avant. Du reste, les navires de commerce, restant peu sur rade dans la plupart des cas, et s'amarrant le plus souvent bord à quai, n'ont pas besoin de la même solidité pour leurs bittes que les navires de guerre.

Chemin de fer. — Le chemin de fer (*pl.* 192, *fig.* 1084) se compose d'un double plan incliné, sur lequel monte la chaîne en quittant la bitte, et d'où elle redescend en allant à l'écubier. Il est formé d'une pièce en fonte, dont la section transversale est l'enveloppe des maillons placés en croix, chevillée sur un massif en bois, de hauteur convenable pour donner à la chaîne la pente nécessaire de part et d'autre; ce massif est relié au pont par des chevilles ou des boulons, comme les bittes.

Un vide de la garniture en fonte du chemin de fer est rempli par une pièce en fer mobile M, appelée *pied de biche*, qui ne reste au niveau des parties voisines que quand elle est soulevée par un levier transversal, et dans ce cas la chaîne glisse librement; quand on abaisse le pied de biche, le maillon horizontal tombe dans une cavité, et bute contre la face verticale du *heurtoir* N; la chaîne ne peut plus marcher du côté de l'écubier. Le heurtoir est une pièce mobile, que l'on peut changer quand elle est usée, et qui est maintenue en place par des vis transversales.

Le but du chemin de fer est uniquement, quand on vire la chaîne au cabestan, d'empêcher que, par un mouvement d'acculée ou de tangage du bâtiment, la chaîne ne soit entraînée au dehors, l'effort des hommes qui virent devenant impuissant, ce qui donnerait lieu aux plus graves accidents. Quand on mouille, le pied de biche doit toujours être levé, et l'étrangloir seul doit arrêter la chaîne; l'effort brusque qui se produirait, si on abaissait le pied de biche, et si on faisait porter un maillon sur le heurtoir, causerait probablement la rupture de la chaîne. Au mouillage, et le tour de bitte étant pris, le pied de biche ne doit pas non plus être abaissé; tout l'effort dans ce cas doit être supporté par les bittes.

Écubiers. — La chaîne traverse la muraille dans un trou (*pl.* 192, *fig.* 1085) garni d'un manchon en fonte, et appelé *écubier;* le manchon a deux larges pinces à l'extérieur et à l'intérieur, et se compose par suite de deux parties, qui se réunissent soit à mi-épaisseur de la muraille, soit sur la surface intérieure. La pince extérieure est garnie, au-dessous et en arrière de l'écubier, de forts renflements, qui diminuent les frottements, quand la chaîne appelle de l'arrière, et quand on est à pic.

La direction de la projection horizontale de l'axe de l'écubier dépend de la finesse du navire; autant que possible, on l'établit parallèle à l'axe longitudinal, et par suite, sur les bâtiments pleins, il est à peu près normal à la section horizontale de la muraille. Si, sur les bâtiments fins, on conservait la même direction, la muraille serait coupée très obliquement, et la chaîne ferait un angle presque vif à sa sortie. Il convient en outre d'observer que si l'écubier est placé trop près de l'axe sur un bâtiment fin, à étrave non élancée, ou à éperon, il pourrait très bien arriver, quand on relève l'ancre, qu'une des pattes crochât sous la quille; le débouché extérieur de l'écubier devra donc, dans ce cas, être distant de l'axe d'une quantité au moins égale à la demi-envergure de l'ancre. Le plus souvent on dirige l'écubier suivant la bissectrice de l'angle fait par une parallèle à l'axe et la normale à la section horizontale de la muraille. On donne en même temps à l'écubier une pente vers l'extérieur d'environ $\frac{1}{10}$.

Les proportions des écubiers, en fonction du calibre de la chaîne, sont les suivantes :

Diamètre intérieur (ancre de bossoir)	7,5
— (ancre de veille)	8,5 (pour pouvoir y passer un grelin).
Épaisseur à l'extérieur	1,00
à l'intérieur	0,84

La position du chemin de fer doit être étudiée, de façon que son axe soit une ligne passant à une demi-largeur de maille du bord arrière de l'écubier, et à la même distance de la bitte, sur laquelle la chaîne bride en sortant de l'étrangloir; sans cela la chaîne pourrait décapeler du chemin de fer.

Sur les navires en bois, les mailles de la membrure voisines de l'écubier sont remplies, et le trou, percé en plein bois, est garni de plomb, puis d'un manchon en fonte. Des chevilles traversent les deux pinces et la muraille, et si l'obliquité rend les chevilles impossibles, on met des vis à bois. Sur les navires en fer, on arrête les membres coupés par les écubiers à des entremises en cornières, on rive une tôle à l'intérieur, et on boulonne les collerettes sur les tôles intérieure et extérieure. Quelquefois même on supprime la tôle intérieure (*pl.* 192, *fig.* 1086), et on borne l'écubier à une double garniture, boulonnée à la tôle du bordé, la garniture extérieure portant des renflements, la garniture intérieure des nervures; ce genre d'écubiers très simple convient très bien sur des navires de moyenne dimension.

Quand les navires ont beaucoup d'élancement (*pl.* 192, *fig.* 1087), on est quelquefois obligé de donner à l'écubier une très forte pente, et de lui faire traverser un pont, avant d'arriver à la muraille. Cette disposition est assez mauvaise, parce que l'effort de la chaîne ébranle le pont, qui fait presque toujours de l'eau.

Les écubiers, quand on est à la mer, sont fermés à l'intérieur par une *tape* (*pl.* 192, *fig.* 1088), ou cône en bois, creusé d'une engoujure pour laisser passer la chaîne; on place en outre à l'extérieur un mantelet en tôle à axe horizontal (*pl.* 192, *fig.* 1089), qui contribue à empêcher l'irruption de l'eau. La fermeture des écubiers offre des difficultés sur les navires ras sur l'eau, tels que les garde-côtes; on emploie des tapes en deux parties, épousant la forme de la chaîne, et garnies de caoutchouc, et on arrive ainsi à une fermeture à peu près hermétique.

Gatte. — Quand la chaîne rentre à bord, elle ramène de l'eau; souvent même, quand elle sort d'un fond de vase, on est obligé de la laver à la pompe à incendie; aussi le pont jusqu'au chemin de fer est-il garni d'un doublage en plomb, arrêté à un bordage vertical, appelé *gatte*, qui empêche l'eau de courir sur l'arrière.

Bittes d'amarrage et de remorque. — Pour amarrer le navire dans le port, on dispose sur le pont supérieur des paires de bittes en fonte (*pl.* 192, *fig.* 1090) d'un seul morceau, munies d'une collerette, qui se cheville à plat sur le pont ; les amarres sont passées en zigzag sur ces bittes. On dispose à l'arrière de la batterie des bittes analogues, qui servent au remorquage ; les amarres et les remorques entrent à bord par des écubiers, percés normalement aux murailles de la batterie et des gaillards ; enfin on place le plus souvent à l'arrière deux écubiers d'embossage.

Quand on hale le navire, les amarres sont passées dans des sortes d'écubiers, ouverts par le haut, ce qui permet de les en dégager facilement, appelés *galoches* ou *chaumards* (*pl.* 193, *fig.* 1091-1092), et placés sur le plat-bord de la teugue et de la dunette. Quelquefois ils portent au centre un galet galbé, monté sur un axe, qui adoucit les frottements.

Poids total des ancres et câbles-chaînes. — Le poids total des ancres, câbles-chaînes, amarres, prélarts et rechanges varie suivant les classes de navires.

Pour ceux qui reçoivent 32 bouts de chaîne, le poids p en kilogrammes par tonneau de déplacement est donné approximativement par la formule établie par M. l'ingénieur de la marine Albaret:

$$p = 36 - 0,0019\,P,$$

P étant le déplacement du navire en tonneaux.

Pour les autres navires, on peut prendre :

Croiseurs de 2[e] classe. .	24 bouts de chaîne.	$p = 32$
— 3[e] — . .	22 —	$p = 40$
Avisos.	20 —	$p = 40$
Avisos de flottille à hélice.	15 —	$p = 43$



CHAPITRE XLIV.

CABESTANS. — GUINDEAUX. — BOSSOIRS.

Quand on veut quitter le mouillage et lever l'ancre, ou diminuer la longueur de la touée, on agit sur la chaîne au moyen d'un treuil à axe vertical, appelé *cabestan*, ou à axe horizontal, appelé *guindeau*. Ces appareils servent en outre à faire effort sur des amarres, formées d'aussières ou de grelins.

Cabestan réglementaire. — Le cabestan réglementaire (*pl.* 193, *fig.* 1093) se compose d'une *mèche* en fer, sur laquelle est fixée une pièce concentrique en bois, taillée à huit pans. Sur chacune de ses faces planes est appliqué un taquet galbé, et entre les taquets, aux parties supérieures et inférieures, sont placés des coins. Les coins ne sont pas continués dans la partie moyenne de la *cloche*, pour que l'entraînement des cordages se fasse mieux, et la concavité des taquets ramène les tours à mi-hauteur, par un glissement vertical continu, appelé *choc*. Pour faire choquer le cordage, s'il ne le fait pas de lui-même, il suffit de mollir le brin libre, et aussitôt les tours redescendent à la hauteur du plus petit diamètre. A la partie supérieure de la cloche sont placés deux plateaux circulaires, cerclés en fer, qui laissent entre eux des mortaises, dans lesquelles on engage les barres; cet ensemble forme le *chapeau*.

La mèche, quand le cabestan est placé dans la batterie, repose sur une crapaudine sur le pont, traverse le pont des gaillards dans un étambrai garni d'un manchon en bronze, et reçoit au-dessus du gaillard une seconde cloche.

Cabestan à mèche renversée. — Quand il n'y a qu'une cloche (*pl.* 193, *fig.* 1094), elle est placée sur le gaillard; la mèche a une partie tronconique, qui empêche qu'elle ne descende, et se termine en dessous du pont par un filetage muni d'un écrou.

Couronne à empreintes. — La cloche unique des cabestans à mèche renversée, celle de la batterie dans les cabestans à deux cloches, est garnie à sa base d'une couronne en fonte à empreintes, dont les formes sont étudiées, pour que les mailles s'y logent tour à tour tangentiellement et normalement à la surface cylindrique primitive, et y soient retenues par les saillies réservées entre les cases qui reçoivent les mailles verticales. La couronne sert souvent pour deux numéros de chaîne; les cases ont une longueur supérieure d'un demi-calibre environ à celle des mailles, afin de fournir le jeu nécessaire, pour que les irrégularités de longueur inévitables ne les empêchent pas de s'y loger; il résulte de ces inégalités une différence entre le développement de la couronne et la longueur de la chaîne, qui n'empêche pas l'entraînement, les mailles qui doivent pénétrer dans les

cases faisant partie du brin mené; en dévirant au contraire, les mailles du bout libre de la chaîne montent peu à peu sur la surface extérieure des empreintes, ce qui finit par la faire décapeler. Le cabestan fonctionnant toujours par entraînement, cela n'a pas d'inconvénient.

Les couronnes pour chaînes de 16 à 22 millimètres ont 11 cases.

—	24 à 28	—	10	—
—	30 à 36	—	9	—
—	38 à 60	—	8	—

Le nombre des mailles enveloppant le cercle primitif est double de celui des cases, qui reçoivent les mailles verticales. Pour des bâtiments à faible équipage, ou dans des cas spéciaux, on peut réduire le diamètre du cercle primitif, en diminuant un peu le nombre des cases.

La chaîne doit engrener avec la couronne, de manière que le boulon des manilles se présente toujours vertical, et que leur collet soit dirigé vers l'avant du navire. Pour faciliter la mise en prise de la chaîne dans la position convenable, un certain nombre de mailles, ainsi que nous l'avons dit plus haut, reçoivent des étais portant une saillie pyramidale, facile à voir, ou à reconnaître au toucher; ces mailles doivent se présenter verticales dans les cases de la couronne.

Les couronnes des cabestans anglais (*pl.* 193, *fig.* 1095) n'engrènent pas d'une façon précise avec les chaînes; elles forment une gorge, dans laquelle la chaîne subit une sorte de coinçage, favorisé par des saillies rayonnantes; une même cloche peut entraîner des chaînes de calibre assez différents.

Plans inclinés. Désengreneurs. — Quand la chaîne va du chemin de fer au cabestan, elle glisse sur le pont; pour la faire monter à la hauteur de la couronne, on établit deux plans inclinés en bois *a a*, recouverts en tôle (*pl.* 194, *fig.* 1096). La chaîne ne fait pas un tour complet sur la couronne; au point où le brin libre doit quitter les cases, il rencontre une pièce en fer appelée *désengreneur b b*, qui fait coin entre lui et la couronne. A partir de ce point, le brin libre de la chaîne, guidé par des galets verticaux, ou *tourniquets*, se rend au passage percé dans le pont, qui le ramène à son puits. On place également des tourniquets en tous les points où la chaîne pourrait brider, tels que les hiloires de panneaux, les pompes, etc...

Linguets. — Il est essentiel que sous un effort puissant, tel que celui qui se produit quand le navire tangue, le cabestan ne puisse pas dévirer, ce qui serait la cause de très graves accidents. Dans ce but on installe des linguets (*pl.* 193, *fig.* 1093-1094-1095), qui rencontrent derrière eux des arrêts, empêchant tout retour en arrière; pour les cloches du gaillard, ou les cabestans à mèche renversée, les linguets sont fixés au cabestan, et courent dans une rigole circulaire en fonte, ou *saucier*, interrompue par des cloisons transversales, contre lesquelles ils viennent buter; dans les batteries, les linguets sont fixés aux barrots, et c'est sur le chapeau que se trouve un cercle en fer, portant les arrêts empêchant le recul. L'inclinaison des linguets doit être faible, pour qu'il n'y ait pas tendance au soulèvement de la cloche dans le premier cas, du pont des gaillards dans le second. La cloche supérieure est d'ailleurs arrêtée sur la mèche par le filetage qui la termine, et qui est garni d'un écrou portant sur le chapeau.

Indépendance des cloches. — Sur les cabestans à deux cloches (*pl.* 193, *fig.* 1093), on peut avoir à employer la cloche supérieure pour des manœuvres d'amarres, qui n'exigent pas une force aussi considérable que la levée de l'ancre; dans ce but, on se réserve le moyen de la rendre folle sur la mèche, à laquelle elle est reliée par des clavettes verticales en fer, engagées de moitié dans la mèche et de moitié dans un tourteau en bronze noyé dans le chapeau. Quand ces clavettes sont en place, la mèche tourne avec ses deux cloches.

La cloche des cabestans à mèche renversée est toujours folle sur sa mèche.

Barres. Raban. — Les *barres* sont des leviers en bois rectangulaires, engagés dans les mortaises du chapeau, qui en temps ordinaire sont garnies de petits tiroirs. Chaque barre peut recevoir 3, et au besoin 4 hommes ; elles sont au nombre de :

20	pour les cabestans recevant des chaînes	de	60 à 54mm.
18	—	—	52 à 44
16	—	—	42 à 36
14 et 12	—	—	34 à 24

Leur extrémité porte une engoujure horizontale (*pl.* 194, *fig.* 1097), dans laquelle on passe un *raban* formant une demi-clef sur chacune d'elles. Il sert à les faire travailler ensemble ; de plus, si le cabestan vient à dévirer brusquement, il empêche qu'elles ne soient projetées par la force centrifuge hors de leurs encastrements, ce qui malheureusement a été quelquefois cause des plus graves accidents.

Cabestan multiplicateur. — Sur les bâtiments à faible équipage, tels que certains transports, on a souvent fait usage de cabestans multiplicateurs. Dans ces appareils (*pl.* 194, *fig.* 1098-1099), la couronne à empreintes porte une denture intérieure *a*, engrenant avec des pignons *b* fixés au pont, actionnés eux-mêmes par une roue dentée portée par la mèche. Le chapeau, claveté sur la mèche, peut être rendu à volonté, par des clavettes *c*, solidaire de la cloche. Dans ce cas, les trois pignons ayant été désengrenés par un mouvement de descente verticale, qui leur est donné par une vis *d*, à manivelle placée en dessous du pont, le chapeau entraîne directement la cloche, comme dans un cabestan ordinaire ; si au contraire on fait remonter les pignons, les clavettes étant retirées, le chapeau entraîne la mèche, qui fait tourner les pignons, et par suite la cloche ; celle-ci tourne avec une vitesse réduite, ce qui permet de multiplier l'effort.

Emplacement du cabestan. — Quel que soit le système, pour que le fonctionnement du cabestan soit satisfaisant, il faut que la chaîne (*pl.* 199, *fig.* 1113) vienne de l'écubier à la bitte en ligne droite, en passant sur le chemin de fer, et arrive tangentiellement au cercle primitif de la couronne à empreintes ; après avoir fait un demi-tour, la chaîne est conduite par les tourniquets au passage du pont, qui, pour que le mouillage se fasse convenablement, doit être également situé sur le prolongement de l'axe du chemin de fer. Quand on ne peut satisfaire à ces conditions, on peut faire brider la chaîne sur la bitte, ou la guider par des tourniquets ; mais on produit des frottements, qui augmentent l'effort à faire.

Guindeaux. — Sur le plus grand nombre des navires de commerce, on emploie des appareils plus lents, mais exigeant moins de personnel, appelés *guindeaux* (*pl.* 195, *fig.* 1100 à 1103). Le guindeau a toujours sa mèche horizontale, et fixée dans des bâtis verticaux ; elle porte une ou deux cloches en bois pour les amarres, et peut recevoir deux couronnes à empreintes, auxquelles elle est reliée souvent par des embrayages à friction. Sur la mèche sont calées soit des roues à rochets, qui reçoivent le mouvement d'un encliquetage à dents, soit une roue lisse, actionnée par un encliquetage à frottement.

La roue lisse a une jante élargie (*pl.* 197, *fig.* 1107), à l'intérieur de laquelle mord une pièce *a*, appelée *jambon*, articulée sur un levier horizontal *b*, dont le bout vient buter sur l'extérieur de la jante. Quand le jambon monte, il presse la jante extérieurement et intérieurement, et l'entraîne ; dans le mouvement inverse la jante devient libre, le jambon descend seul, pendant que le second

jambon continue l'entraînement. La force motrice est donnée par des bielles verticales, articulées sur un grand balancier, analogue à celui des pompes à incendie, qui fait donner à l'appareil le nom de guindeau *à pompe;* des roues à rochets et des linguets empêchent le retour en arrière. Quelquefois le guindeau est conjugué avec une petite cloche de cabestan, placée sur la teugue, et destinée au halage des amarres.

La plupart du temps il n'y a pas de chemin de fer; la chaîne n'est jamais dégarnie du guindeau, et, quand on mouille, on se contente de rendre folles les couronnes à empreintes.

Généralement les couronnes à empreintes sont liées au mouvement de la roue par un embrayage conique *c* (*pl.* 197, *fig.* 1106). Pour les mettre en prise, on les fait tourner, et avancer sur l'arbre, qui est fileté, et on fait prendre les deux cônes. Une vis transversale *d*, faisant frein, empêche le désembrayage de se produire de lui-même.

Suivant le sens du filetage de l'arbre, il peut arriver, si le frein n'est pas bien disposé, soit que l'embrayage se fasse pendant que l'on mouille, et que la chaîne mette en mouvement le guindeau, ou que, pendant que l'on vire, la couronne à empreintes se désembraye. L'une et l'autre circonstance peuvent donner lieu à de graves accidents.

Cabestans et guindeaux à vapeur. — Sur un certain nombre de bâtiments, le cabestan (*pl.* 196, *fig.* 1104) ou le guindeau (*pl.* 197, *fig.* 1105 à 1107) sont mis en mouvement par une petite machine à vapeur.

Nous n'entrerons pas dans l'examen de ces appareils; mais nous ferons remarquer que, s'ils sont excellents pour des efforts continus, ils ne permettent pas de produire un choc, qui est quelquefois d'une grande efficacité, pour arracher du fond une ancre, qui y a trop bien pris. En tout cas, on doit se réserver le moyen d'agir à bras sur les cabestans et guindeaux pourvus de machines à vapeur.

Installation des ancres de bossoir. — Les ancres de bossoir doivent toujours être disposées convenablement pour le mouillage. Dans l'ancienne marine à voiles, au moment de mouiller, on laissait pendre l'ancre attachée par l'organeau à l'extrémité du bossoir, pièce saillant à l'extérieur du navire, on faisait *penaud;* en larguant la bosse de bout, on laissait l'ancre tomber. Aujourd'hui, le plus souvent, le bossoir ne sert plus qu'à relever l'ancre, ramenée à l'écubier par la chaîne, et à la mettre à poste pour un nouveau mouillage.

Sur tous les navires à voiles, et sur beaucoup de bâtiments à vapeur, l'ancre est disposée la verge et le jas horizontaux (*pl.* 198, *fig.* 1108-1109), ce dernier butant contre la muraille, les pattes collées contre le bord; la patte supérieure repose sur un plan incliné garni de tôle. Les ancres de veille sont placées sur l'arrière des porte-haubans de misaine, le jas vertical et les pattes horizontales; elles sont soutenues par deux arcs-boutants en bois ou en fer à charnière, qui, lorsqu'on laisse tomber l'ancre, la repoussent au dehors. Les ancres sont maintenues par des saisines, bridées sur des mains de fer, et par un cordage fixé au bossoir, traversant la cigale, et rentrant à bord, après avoir passé sur un rouet de la tête du bossoir; ce cordage est la *bosse de bout.* Au moment où l'on veut mouiller, l'ancre est débarrassée des saisines, qui en temps ordinaire entourent la verge; elle n'est plus retenue que par deux bouts de chaîne, fixés à des boucles sur la muraille, qui, après avoir embrassé la verge, viennent s'accrocher à deux doigts portés sur un axe horizontal en fer, appelé *mouilleur* (*pl.* 198, *fig.* 1110). Le mouilleur porte un bras aiguilleté à un piton, qui le fixe dans la position convenable, pour que les chaînes, saisies par les doigts et tendues, retiennent l'ancre. Au commandement de mouiller, on largue l'aiguillette, on fait pivoter le mouilleur, et l'ancre tombe en entraînant sa chaîne.



La partie du bordé, qui peut être atteinte par l'ancre en tombant, est toujours garnie de tôle zinguée au-dessus de la ligne du cuivre, de cuivre en planche au-dessous; on évite dans cette région tout objet saillant, tel que sabord, hublot, dalot, etc.

Telle est la disposition classique des ancres, consacrée par une très longue expérience, et dont on devra se rapprocher autant que possible, toutes les fois que les installations le permettront. Dans bien des cas cependant, on est obligé d'adopter d'autres solutions.

La saillie considérable du jas est gênante et dangereuse sur les navires à éperon, dont l'ancre, en accrochant un navire ennemi, pourrait mouiller, sans qu'on le voulût; aussi place-t-on le plus souvent sur ces navires les ancres de bossoir, comme les ancres de veille, le jas vertical (*pl.* 199, *fig.* 1111-1112). Pour diminuer la saillie des pattes, on fait rentrer l'une d'elles à l'intérieur, par une ouverture pratiquée dans le pavois du gaillard; au moment du combat, on peut même mettre les deux pattes à l'intérieur de la muraille. Souvent on ne met qu'un arc-boutant; le jas repose sur un taquet en tôle, et l'ancre, en tombant, pivote autour de l'extrémité du jas et du pied de l'arc-boutant.

Sur quelques navires, on a placé l'ancre contre la muraille, les pattes verticales, une moitié du jas traversant la muraille du gaillard, par un trou de diamètre assez faible; l'ancre tournant autour du pied de ses arcs-boutants lors du mouillage, il en résulte, si ceux-ci sont suffisamment longs, que le trou à percer dans la muraille peut être réduit à une dimension peu supérieure à la section transversale du jas. Cette disposition a été adoptée sur l'Infernet.

Citons enfin la disposition de l'ancre à verge verticale, adoptée pour la première fois par M. l'inspecteur général du génie maritime de Bussy sur la Surveillante (*pl.* 200, *fig.* 1114 à 1116); pour le combat, l'ancre est placée sur l'arrière de la teugue; pour mouiller, elle est placée les pattes et la verge appliquées contre la muraille; un mouilleur de forme spéciale, muni de chaînes embrassant la verge et les deux pattes, fait pivoter l'ancre autour de son diamant. Cette disposition fort commode est fréquemment employée pour les ancres de veille à jas en fer; ce dernier pouvant se rabattre le long de la verge, la saillie est très faible.

Quand il n'y a qu'une ancre de veille, on la place fréquemment (*pl.* 195, *fig.* 1117) la verge le long d'une épontille, le jas rabattu sur la verge et les pattes reposant sur le surbau d'un panneau.

Bossoirs. — Les bossoirs sont des sortes de grues destinées, quand l'ancre a été amenée à l'écubier en virant la chaîne au cabestan, à la soulever et à la placer dans la position horizontale ou verticale adoptée pour la navigation. Il y a généralement deux bossoirs de chaque bord, l'un le bossoir de *capon*, qui saisit l'ancre à l'écubier par la cigale, et la *caponne*, c'est-à-dire la soulève jusqu'à la hauteur du gaillard, et l'autre, le bossoir de *traversière*, qui prend l'ancre par les pattes, pour la *traverser*, c'est-à-dire la placer la verge horizontale. La hauteur du bossoir de capon doit être telle que, l'ancre y étant suspendue par une poulie à croc de grande dimension, ou *poulie de capon* (*pl.* 198, *fig.* 1118), un homme puisse, sans risquer d'être submergé, aller crocher aux pattes la *poulie de traversière* (*pl.* 198, *fig.* 1119). Celle-ci porte un croc double, et saisit l'une des pattes par ses oreilles, si les pattes doivent être placées verticales, ou les deux pattes à la croisée, si elles doivent être placées horizontalement. Ces poulies ont trois réas, mariés par un garant avec trois réas de même diamètre placés à la tête des bossoirs.

Bossoirs ordinaires. — Le bossoir des navires à voiles (*pl.* 198, *fig.* 1108-1109), conservé sur la plupart des navires actuels, sauf quand la forme de l'avant, ou le champ de tir à réserver à l'artillerie des gaillards n'en permettent pas l'emploi, se compose d'une pièce de bois *a*, qui tra-

verse la muraille, et en sort en suivant une direction légèrement inclinée sur l'horizon, et comprise dans un plan vertical normal à la muraille ; la saillie du bossoir est calculée de manière que le bout du jas horizontal vienne toucher la muraille. A l'extrémité, le bossoir est percé de trois clans pour le garant, et porte sur le côté une joue de vache pour la bosse de bout, dont le dormant passe dans un trou percé verticalement dans le bossoir, et y est retenu par un cul de porc.

Quand on embraque le garant de capon, la tête du bossoir subit un effort dirigé d'abord vers l'écubier, puis vertical, quand la chaîne est filée ; pour y résister, on place sous le bossoir une forte courbe en bois *b*, chevillée avec lui et au travers de la membrure, et deux courbes horizontales en fer sur l'avant et sur l'arrière.

Le garant de capon, après avoir passé sur les réas du bossoir, rentre à bord par un trou percé dans la muraille, fait retour sur une poulie coupée, et suit le pont dans sa longueur ; sur les navires à dunette, on place sur l'un des montants du fronteau de la dunette une seconde poulie coupée, qui y reste à poste fixe, et permet de renvoyer le garant sur l'avant, et de faire agir sur lui un grand nombre d'hommes. Il importe que l'ancre, saisie à l'écubier, soit rapidement caponnée, et n'ait pas le temps de battre contre le navire au roulis.

Le bossoir de traversière *c* est disposé d'une manière analogue ; mais l'effort à faire est beaucoup moindre, les dimensions sont plus faibles, et il ne reçoit généralement pas de courbe ; quelquefois même on se sert d'un arc-boutant mobile, qu'on peut porter d'un bord à l'autre. Le garant de traversière passe, comme celui de capon, sur une poulie coupée, et est élongé sur le pont, du bord opposé.

Sur les navires en fer, on établit souvent des bossoirs en fer (*pl.* 201, *fig.* 1120-1121) de forme extérieure analogue; deux flasques en tôle sont découpées suivant les contours du bossoir et de sa courbe, et assemblées par des cornières avec une tôle inférieure et une tôle supérieure, celle-ci quelquefois élargie, pour tenir lieu des courbes horizontales. Le bossoir est fixé sur la muraille par un cadre en cornières, rivé avec le bordé, et les membrures situées dans cette partie.

A la tête, le bossoir reçoit deux cloisons transversales en tôle, sur lesquelles s'appuient des tôles longitudinales, qui séparent les clans, et sont traversées par l'essieu commun des rouets.

Quelquefois on ne place à la tête du bossoir qu'un rouet en fonte (*pl.* 201, *fig.* 1122-1123), monté sur une chape à tourillon, sur lequel passe une itague en chaîne, qui porte au bout extérieur le croc de capon, et qui, rentrant à bord, s'amarre à une caliorne à six brins, sur laquelle est garni le garant de capon. Le croc attaché à la chaîne est plus maniable que la poulie de capon, et il est plus facile à l'homme que l'on envoie à l'extérieur, d'aller le crocher dans la cigale. On peut même se dispenser de cette manœuvre, quelquefois dangereuse (*pl.* 201, *fig.* 1124), en fractionnant le bout de chaîne en deux parties, susceptibles d'être réunies entre elles par une manille. L'une d'elles *ab*, fixée à la cigale, est genopée le long de la chaîne avant de mouiller, et son bout rentre à bord, quand on lève l'ancre; l'autre *cde*, plus longue, est passée sur le rouet du bossoir, envoyée à l'écubier par l'extérieur, et rentre à bord. Au moment où l'ancre est haute, il suffit de marier ces deux bouts par une manille, et de larguer les genopes, pour pouvoir embraquer le capon.

Bossoirs tournants. — L'obligation de réserver aux pièces des gaillards un tir en chasse ne permet pas toujours d'installer les bossoirs de la manière que nous venons d'indiquer. Cette construction simple, peu coûteuse et consacrée par l'expérience, devra toujours être préférée, cependant, quand rien ne s'y oppose. En outre, sur les navires à éperon, l'ancre a son poste de mer à une assez grande distance sur l'arrière de l'écubier, pour qu'il ne soit pas possible de faire la manœuvre

avec un bossoir fixe, et qu'il faille aller caponner l'ancre à peu de distance de l'aplomb de l'écubier, pour la transporter ensuite à son poste ; on emploie dans ce but des bossoirs tournants.

Sur quelques cuirassés pourvus d'une teugue (Solferino, Thétis), le bossoir de capon est une poutre horizontale en tôle et cornières (*pl.* 202, *fig.* 1125 à 1127), dont une extrémité est traversée par un pivot, fixé sur le pont de la teugue, et réuni au gaillard par un tirant; l'autre extrémité fait saillie, et porte les rouets; au milieu à peu près de la longueur, le bossoir porte deux galets en fonte, qui courent sur une circulaire en bronze, fixée sur le pont ; des palans de bras servent à appeler la tête du bossoir sur l'avant ou sur l'arrière. L'ancre étant à l'écubier, le bossoir est porté sur l'avant autant que possible, en O*a*, et on caponne; puis il est reporté sur l'arrière, en O*b*, en même temps qu'on file la chaine à la demande, et on embraque le capon jusqu'à ce que l'ancre soit haute. L'ancre est traversée à l'aide d'une petite grue à cou de cygne ou à volée inclinée, reposant sur le pont des gaillards, et pouvant se rabattre sur un pan coupé de la teugue.

Sur d'autres navires (Turenne, Trident, Éclaireur) (*pl.* 199, *fig.* 1111-1112), le bossoir de capon est une grue à volée inclinée, soutenue par un tirant, et fixée sur la muraille extérieure de la teugue ; la volée peut être en bois ou en tôle, et quand on ne se sert pas du bossoir, on le rabat complètement le long du bord. Avec tous les systèmes de bossoirs tournants, les retours des garants doivent être l'objet d'une étude attentive; on doit pouvoir embraquer ou mollir le garant dans toutes les positions que peut prendre le bossoir, et il faut, par suite, des galets qui le conduisent, le soutiennent également bien, sans le laisser frotter sur un aucun objet fixe, que le bossoir soit porté sur l'avant, ou qu'il soit sur l'arrière; c'est surtout pour franchir la muraille que l'on rencontre des difficultés à assurer ces conditions.

Sur certains bâtiments, on est obligé de dégager complètement l'avant de tout objet dépassant le plat-bord, pour ne pas gêner le tir en chasse d'un canon placé dans l'axe. Dans ce cas on peut former les bossoirs de pièces en fer forgé (*pl.* 203, *fig.* 1128), pivotant sur une crapaudine fixée à la muraille, et dans un collier placé à la hauteur du plat-bord; le collier est lui-même prolongé par une tige horizontale, qui lui sert de pivot. Il suffit de dégager le pied du bossoir de la crapaudine, qui est faite en deux parties, dont l'une amovible, pour faire pivoter le collier et le bossoir, et rabattre celui-ci horizontalement.

Quelquefois aussi d'autres dispositions ont été adoptées dans le même but; nous citerons celle de l'Indomptable (*pl.* 204, *fig.* 1129-1130-1131), dont la tourelle avant doit avoir son tir aussi dégagé que possible. A cet effet, on a établi dans le plan diamétral une grue à volée inclinée, dont l'axe est disposé de manière que sa tête puisse être portée à l'aplomb des écubiers et des postes de mer des ancres des deux bords; le mouvement de rotation lui est donné par une vis tangente et un volant, placés sous le pont, et, quand on ne s'en sert pas, on peut, en déboulonnant les tirants, coucher la volée à plat pont.

Le bossoir de traversière pivote également, et se compose de deux parties, dont la supérieure, à charnière sur l'inférieure, lui est fixée invariablement pour la manœuvre par un boulon transversal ; en retirant ce boulon, on peut coucher la partie supérieure. L'ancre à la mer est placée sur deux arcs-boutants et retenue par les chaînes de son mouilleur ; pour le combat, après avoir rabattu le jas le long de la verge, on la fait rentrer à l'intérieur du pont. Une ancre de rechange est en outre placée au pied de la tourelle.

Sur des bâtiments très ras sur l'eau, on installe parfois, en guise de bossoirs (*pl.* 203, *fig.* 1132-1133), deux jambes de force composées de tubes de fer creux, retenues par un étai, qui débordent sur le contour du plat-bord, et permettent de hisser l'ancre assez haut pour la déposer sur le pont. Ce système a été employé avec des ancres Martin, que l'on place non pas en dehors de

la muraille, mais sur un plan incliné établi sur le pont, d'où elles peuvent glisser à la mer pour mouiller.

Dans des cas analogues, on a employé une véritable grue à axe vertical (*pl.* 205, *fig.* 1134), située au milieu du pont, et servant à caponner les ancres des deux bords.

Quelquefois enfin, quand on a un mât vertical à peu de distance, on se contente d'un mât de charge incliné, pouvant pivoter autour de ce mât, dont la tête est soutenue par une balancine, et orientée par des bras.

Manœuvre des ancres. — Il nous reste à indiquer les principales manœuvres, dans lesquelles sont mis en jeu les appareils que nous venons de décrire. Comme exemple de la disposition relative des écubiers, chemin de fer, bittes, cabestan, étrangloirs, nous donnons le plan de la batterie du Turenne (*pl.* 199, *fig.* 1113), qui a reçu deux paires de bittes; on remarquera que la présence d'un panneau ne permet pas d'envoyer directement la chaîne de l'écubier au cabestan. Quant au bossoir, sa position varie avec celle que les formes de l'avant du bâtiment, l'installation d'une teugue, celle de l'artillerie conduisent à donner aux ancres, reportées plus ou moins sur l'arrière.

Mouillage. — Quand le navire arrive sur une rade, où il a à sa disposition un corps mort, on se contente de démailler une des chaînes de bossoir, que l'on réunit avec une manille à la chaîne portée par le coffre du corps mort. Celui-ci est souvent mouillé sur deux ancres *empennelées*, c'est-à-dire mouillées dans la même direction, perpendiculaire à celle des vents ou des courants les plus à redouter, et réunies au coffre par un émerillon d'affourche. Les ancres des corps morts (*pl.* 202, *fig.* 1135) sont des ancres de formes aujourd'hui hors d'usage, dont on coupe une patte, pour qu'elles ne fassent pas saillie sur le fond; elles sont d'un poids plus fort que celles du navire. Quelquefois aussi on dispose trois ancres en triangle, et un émerillon à trois branches les réunit à une itague en chaîne, terminée par un boulon, qui traverse le coffre; l'extrémité supérieure du boulon porte une manille, sur laquelle se fixe la chaîne du navire.

Dans les circonstances ordinaires, le navire mouille sur une seule ancre, afin de pouvoir facilement filer de la chaîne pour éviter un abordage, ou même la filer par le bout, s'il devient nécessaire d'appareiller à l'improviste; dans ce cas, on amarre au bout de la chaîne un orin et une bouée, pour pouvoir la retrouver (*pl.* 200, *fig.* 1136).

Avant d'arriver en rade, les ancres de bossoir sont toutes deux mises en mouillage, c'est-à-dire débarrassées des saisines, et de la bosse de bout. Une fois le navire arrivé au point désigné pour le mouillage, ce qu'on reconnaît en prenant des relèvements, on laisse tomber l'ancre, et on file de la chaîne; il convient que le navire ait encore de l'erre, 1 à 2 nœuds environ au moment du mouillage, pour que l'ancre morde bien, et qu'on ne soit exposé ni à surjaler, ni à surpatter; avec plus d'erre, on serait exposé à fatiguer la chaîne, et même à la casser ainsi que l'ancre, si on est sur un fond de roche.

La longueur de chaîne à filer dépend du fond et de l'étendue d'eau dont on dispose pour éviter; il convient d'avoir des touées un peu longues, de 8 à 9 maillons pour des fonds de 15 à 25 mètres. Les touées longues fatiguent moins les chaînes, assurent une meilleure tenue, mais donnent un cercle d'évitage étendu.

La chaîne de l'ancre que l'on mouille passe du puits à l'étrangloir, puis à l'écubier, en franchissant le chemin de fer; le pied de biche doit être levé, afin que tout l'effort se fasse sur l'étrangloir. Une fois que le navire est arrêté, on bosse la chaîne (*pl.* 202, *fig.* 1137); on la garnit au cabestan pour la rentrer, si on en a filé plus qu'on ne compte en garder dehors; puis, après avoir bossé de nouveau, on prend le tour de bitte.



Il arrive quelquefois en mouillant qu'on *surjale* ou qu'on *surpatte*, c'est-à-dire que la chaîne fait un tour mort sur le jas ou les pattes. La tenue est mauvaise en ce cas, parce que la chaîne tend à déraciner l'ancre du fond ; c'est pour cela qu'on conserve un peu d'erre en mouillant. Ces inconvénients surviennent aussi quelquefois dans l'évitage, si le navire court sur son ancre.

Si on reste longtemps au mouillage, on mouille de temps à autre l'ancre de bossoir de l'autre bord, et on relève la première pour la visiter ainsi que sa chaîne.

Si dans un coup de vent on craint de chasser, on laisse tomber à pic soit une ancre de veille, soit la deuxième ancre de bossoir ; l'étrangloir est laissé ouvert, et le pied de biche levé, pour que la deuxième chaîne puisse courir. Si le navire chasse, la chaîne file, et quand on en a assez à l'extérieur, pour que la deuxième ancre puisse mordre, on ferme l'étrangloir, on bosse, et les deux ancres sont mouillées *en barbe*. On peut, de la même manière, mouiller successivement les autres ancres non encore employées. Il est difficile de filer sur chaque ancre la touée nécessaire pour qu'elles travaillent toutes ensemble ; et si l'une d'elles rompt, le choc, qui en résulte pour les autres, peut les faire casser également. Dès que le coup de vent est passé, on relève les ancres inutiles, pour éviter des tours de chaîne.

Affourchage. — Quand on dispose d'un espace restreint pour l'évitage, on *affourche*, c'est-à-dire qu'on mouille deux ancres dans une direction perpendiculaire au vent régnant. Pour cela, on arrive au mouillage en suivant cette direction ; on mouille la première ancre, dont on file la chaîne sans l'étrangler ; parvenu à l'endroit convenable, on mouille la seconde, puis on les étrangle toutes deux ; on vire ensuite la première chaîne en filant la seconde, pour égaliser les deux touées, que l'on réunit par l'émerillon d'affourche (*pl.* 205, *fig.* 1138).

Les deux ancres étant mouillées en A et A′ (*pl.* 205, *fig.* 1139), et les touées étant AD et A′D′, l'espace nécessaire au navire pour son évitage est *abcd*, la distance $Nd = Nc = N'b = N'a$ étant égale à la longueur du navire. Si le navire était mouillé sur une seule ancre, il aurait besoin d'un cercle complet de rayon A*c*. Pour qu'il ne passe pas sur ses ancres, il faut que l'on ait $Ac < AA'$.

L'avant du navire décrit alternativement les deux arcs de cercle ND′N′ et NDN′, et tend l'une ou l'autre de ses chaînes. Quand il est en N, la force F, avec laquelle le navire fait effort sur ses chaînes se décompose en deux autres, dirigées suivant AN et A′N, dont les valeurs sont :

$$f = \frac{F \sin\beta}{\sin(\alpha + \beta)} \qquad f' = \frac{F \sin\alpha}{\sin(\alpha + \beta)}.$$

Si $\alpha = \beta$, l'effort que subit chaque chaîne est $F \frac{\sin\alpha}{\sin 2\alpha}$, ou $\frac{F}{2\cos\alpha}$. Si donc on a $\cos\alpha < \frac{1}{2}$, ou $\alpha > 60°$, les chaînes fatiguent plus, quand le navire affourché est au point N, que s'il était mouillé sur une seule ancre. Si d'un autre côté on file trop de chaîne, le navire peut passer sur l'une de ses ancres ; on évite en outre moins sûrement sur chaque bord, et on est exposé à ce que les deux chaînes fassent des tours l'une sur l'autre. On remédie il est vrai, à cet inconvénient, par l'emploi de l'émerillon d'affourche ; mais celui-ci, comme les tours de chaîne, a l'inconvénient de rendre longue la préparation d'un appareillage.

Appareillage. — Si le navire est affourché, on a soin de lever l'une des ancres avant le moment de l'appareillage. Une fois sur une seule ancre, on commence par dépasser le tour de bitte, en bossant la chaîne, et on la garnit au cabestan, puis on abaisse le pied de biche ; on laisse tomber les linguets du cabestan, et on largue les bosses. En virant la chaîne, on la raidit, on rapproche le navire de son ancre ; il arrive unmoment où on est *à pic*, c'est-à-dire que la chaîne est verticale. On



vire alors par à-coups, pour détacher l'ancre, ou *déraper*, puis à courir, pour l'amener à l'écubier ; on ferme alors l'étrangloir.

Le garant de capon a été molli, de façon qu'un homme puisse aller crocher la poulie de capon dans la cigale; le capon élongé sur le pont est embraqué à courir, en même temps qu'on file la chaîne à la demande. Dès que l'ancre est au bossoir, on passe la bosse de bout, on croche la poulie de traversière dans les pattes, et on traverse ; si les bossoirs sont destinés à pivoter horizontalement, on agit sur leurs bras pour amener l'ancre à son poste. Il ne reste plus qu'à la fixer définitivement au moyen des chaînes du mouilleur et des saisines.

Les ancres de veille n'ont pas de bossoirs ; on les met à poste au moyen d'un palan de bout de vergue, installé à ce moment seulement sur la vergue de misaine.

CHAPITRE XLV.

EMBARCATIONS. — CONSTRUCTION. — INSTALLATION A BORD.

Types d'embarcations. — Tous les navires sont pourvus d'un certain nombre d'embarcations de dimensions graduées, qui assurent les divers services du bord, et la communication avec la terre, servent à un débarquement offensif, ou à l'attaque d'un bâtiment au mouillage.

Les divers types d'embarcations employés dans la marine française sont les suivants; nous en donnons d'ailleurs les dimensions principales et les poids dans le tableau ci-contre.

Chaloupes. — Grandes embarcations de construction robuste, destinées à porter de gros poids, et en particulier à élonger une ancre. Il en existe dix numéros, dont les longueurs varient de 7 à 13 mètres.

Grands canots. — Embarcations destinées à des usages analogues, disposées pour recevoir à l'intérieur, quand elles sont à bord, d'autres embarcations plus petites. Il en existe dix numéros, variant de 6 mètres à 11^{m},50.

Canots (*pl.* 206, *fig.* 1140). — Embarcations d'échantillon moins fort, servant principalement au transport du personnel, et qui, suivant leur service habituel, prennent les noms de *canot de commandant*, *canot major*, *canot de service*. Les canots de service sont d'un échantillon un peu plus fort que les autres. Les formes des canots sont un peu plus affinées que celles des grands canots. Il existe huit numéros de canots, variant de 6 mètres à 10^{m},50.

Canots à vapeur (*pl.* 206, *fig.* 1141). — Il en existe trois types réglementaires, de 10 mètres et 8^{m},85 en tôle, et de 8^{m},50 en bordages croisés; leur vitesse est de 7 à 8 nœuds. On a en outre des canots à vapeur plus petits, achetés depuis quelques années en Angleterre (*pl.* 206, *fig.* 1142), dont les longueurs sont de 6^{m},60 et 7^{m},50, et qui atteignent des vitesses de 6^{nœuds},5 à 7 nœuds.

Baleinières (*pl.* 207, *fig.* 1143). — Embarcations plus petites, pointues aux deux extrémités, destinées au transport d'un petit nombre de personnes, et au sauvetage d'hommes tombés à la mer; leurs longueurs sont 6^{m},50, 7 mètres, 8 mètres, 8^{m},50.

Youyous. — Très petits canots de 3^{m},50, 4 mètres et 5 mètres.

Plates. — Embarcations carrées aux deux extrémités, à fond plat, servant à faire la propreté le long du bord.

Les formes des embarcations de la flotte sont aujourd'hui exactement réglementées. Il existe pour les chaloupes, grands canots, canots, baleinières et youyous, cinq plans types, dont on déduit le plan de toute embarcation à construire.

Dimensions et poids des embarcations.

DÉSIGNATION.	LONGUEUR.	LARGEUR.	CREUX.	POIDS. Coque.	Armement.	Rechange.	Total.
	m	m	m	kg	kg	kg	kg
Chaloupes	13,00	3,60	1,44	5600	2775	188	8563
	12,00	3,30	1,30	4500	2463	143	7106
	11,50	3,20	1,30	4240	2316	126	6682
	11,00	3,00	1,20	3930	1810	110	5850
	10,50	2,90	1,15	3390	1535	104	5029
	10,00	2,80	1,10	2850	1204	89	4143
	9,00	2,55	1,00	1889	995	69	2953
	8,50	2,40	0,93	1648	752	56	2456
	8,00	2,30	0,90	1342	689	53	2084
	7,00	2,20	0,83	1036	534	43	1613
Grands canots	11,50	2,80	1,04	2793	1239	105	4137
	10,50	2,60	0,98	2147	997	69	3213
	10,00	2,50	0,96	1893	972	69	2934
	9,50	2,40	0,94	1640	745	65	2450
	9,00	2,30	0,92	1377	720	61	2158
	8,50	2,25	0,86	1290	431	53	1774
	8,00	2,15	0,82	1084	416	50	1550
	7,50	2,08	0,78	960	348	39	1347
	7,00	2,00	0,74	760	269	39	1068
	6,00	1,70	0,70	489	226	24	739
Canots de commandant	10,50	2,40	0,84	1000	700	65	1765
	10,00	2,40	0,84	900	675	65	1640
	9,50	2,35	0,80	851	543	61	1455
	9,00	2,30	0,80	802	513	54	1369
	8,00	2,15	0,75	650	416	50	1116
	7,50	2,08	0,70	600	370	39	1009
Canots major	10,50	2,40	0,84	1144	700	65	1909
	10,00	2,40	0,84	980	675	65	1720
	9,50	2,35	0,80	920	543	61	1524
	9,00	2,30	0,80	860	513	54	1427
	8,00	2,15	0,75	750	416	50	1216
	7,50	2,08	0,70	630	370	40	1040
	7,00	2,00	0,70	510	269	39	818
	6,00	1,70	0,66	380	226	24	630
Canots de service	10,50	2,40	0,84	1240	700	65	2005
	10,00	2,40	0,84	1100	675	65	1840
	9,50	2,35	0,80	1035	543	61	1639
	9,00	2,30	0,80	970	513	54	1537
	8,00	2,15	0,75	860	415	49	1324
	7,50	2,08	0,70	750	370	40	1160
Baleinières	8,50	1,80	0,62	318	280	42	640
	8,00	1,72	0,62	284	250	34	568
	7,00	1,72	0,62	267	227	34	528
Youyous	5,00	1,65	0,65	325	81	9	415
	4,00	1,50	0,60	212	62	8	282
	3,50	1,40	0,60	194	43	7	244
Plates	5,00	1,65	0,65	260	16	7	283
	4,00	1,55	0,58	185	13	5	203
	3,50	1,40	0,53	147	8	5	160
	3,00	1,20	0,42	110	7	4	121
Canots à vapeur (1)	10,00	2,65	1,80	5290	675	65	6030
	8,85	2,15	1,24	3443	416	50	3909
	8,50	2,27	1,25	3430	416	50	3896
Canots White (1)	7,50	1,95	1,10	2123	471		2594
	6,60	1,72	0,95	1457	456		1913

(1) L'appareil moteur est compris dans la coque.

Étant données les dimensions principales L, l, c du plan type, L′, l', c' de l'embarcation à construire, fixées par le règlement, si on appelle x, y et z les trois coordonnées d'un point, mesurées sur le plan type, on aura les coordonnées correspondantes du point homologue du plan à établir, en posant :

$$\frac{x'}{x} = \frac{L'}{L}; \quad \frac{y'}{y} = \frac{l'}{l}; \quad \frac{z'}{z} = \frac{c'}{c}.$$

Pour simplifier ce calcul, les plans types sont établis avec les dimensions :

$$L = 10,$$
$$l = 2,$$
$$c = 1.$$

Construction des embarcations en bois. — La quille, l'étambot, l'étrave sont en chêne ; quelquefois on emploie pour les baleinières l'orme du Canada, ou l'acajou. L'étrave est taillée dans une pièce courbe pour les chaloupes et canots ; celle des baleinières s'obtient par flexion de la pièce passée à l'étuve.

Une fois ces trois pièces assemblées, on établit à cheval sur la quille un certain nombre de fausses membrures, ou *moules*, taillées suivant les formes des plans ; on les fixe au moyen d'une lisse et d'accores. Tout atelier d'embarcations doit avoir des jeux complets de fausses membrures pour tous les types à construire. Sur les fausses membrures on applique le bordé, que l'on tient au moyen de clous de faufilage, traversant des taquets, pour ne pas dégrader la surface extérieure.

Le galbord et la préceinte se font en chêne sur les canots et chaloupes, le reste du bordé en pin de Suède ou des Florides. Pour les canots de petites dimensions et les baleinières, il est fait tout entier en pin, quelquefois en acajou ; pour les youyous, quelquefois en orme. Les bordages sont appliqués par flexion sur les fausses membrures ; on évite, autant qu'on le peut, les écarts, et quand la longueur des bordages les rend indispensables, on les fait à recouvrement. Les bordages, le plus souvent, viennent se toucher par les cans, et sont rendus étanches par un calfatage léger ; sur les embarcations légères, et surtout pour les baleinières, on fait le bordé à clin, ce qui permet d'en réduire l'épaisseur, tout en conservant l'étanchéité.

Une fois le bordé en place, on établit à l'intérieur les membres, que l'on exécute en frêne ; débités droits à leur échantillon, ils sont étuvés, pliés sur des moules et fixés à l'intérieur du bordé, par des clous effilés, rivés intérieurement sur virole ; il n'y a pas de couples dévoyés. Sur les extrémités des membres, on place un plat-bord d'un seul morceau, terminé à l'avant par une guirlande, et relié à l'arrière au tableau, quand il y en a un, par des courbes d'écusson en fer. Le bordé dépasse le plat-bord, en formant une fargue, dans laquelle sont découpées les dames de nage.

Les revêtements intérieurs se composent d'une carlingue large et peu épaisse, sur laquelle portent les pieds des épontilles des bancs, de quelques vaigres à claire-voie, et d'un bordage léger formant bauquière, sur lequel reposent les extrémités des bancs. Ceux-ci sont appliqués contre la bauquière par un garni en bois (*pl.* 208, *fig.* 1144-1145), qui bute contre le plat-bord ; une petite courbe en fer les fixe au bordé.

Les chaloupes et grands canots sont installés à débanquer (*pl.* 207, *fig.* 1146) ; pour cela la bauquière, qui reçoit plus de largeur, est réunie aux bancs par des pitons verticaux, qui traversent les bancs, munis d'une ferrure plate ; une clavette empêche le banc de se soulever. Les bancs se font en pin, sauf ceux qui forment étambrai de mât, qui sont en chêne ; sur les petites embarcations, l'étambrai est un simple trou (*pl.* 207, *fig.* 1147-1148) du diamètre du mât, percé dans un banc, ou une engoujure fermée par un collier à charnière ; sur les chaloupes et canots (*pl.* 207,

fig. 1149-1150), il est formé par une entremise placée entre deux bancs, dans laquelle est découpé un vide assez long pour permettre d'y engager facilement le mât. Dès que celui-ci est en place, on le maintient au moyen d'une clef, bout de bordage qui comble le vide qu'il laisse sur l'arrière. L'emplanture est un garni en bois, chevillé sur la carlingue, percé d'un vide pyramidal quadrangulaire, de la forme du pied du mât.

Sur les youyous et les chaloupes, les avirons sont fixés par une estrope à un *tolet* en fer (*pl.* 207, *fig.* 1151), enfoncé verticalement dans le plat-bord. Sur les autres embarcations, l'aviron est engagé dans une *dame* (*pl.* 207, *fig.* 1152), limitée à l'avant et à l'arrière par deux montants fixés dans le plat-bord, au fond par un garni; ces trois pièces, taillées suivant une forme à peu près demi-circulaire, sont recouvertes par une garniture en cuivre. Quand l'aviron n'est pas employé, la dame est fermée par un petit mantelet, engagé par le haut dans le vide réservé dans la fargue. Sur les baleinières, la dame dépasse le plat-bord (*pl.* 207, *fig.* 1153), ou est remplacée quelquefois par un tolet à fourche en fer.

Les embarcations à rames sont nagées *à couple* (chaloupes et canots), ou *en pointe* (baleinières, youyous); sur l'arrière de chaque banc se trouve un marchepied mobile, sur lequel les hommes prennent appui. La partie arrière de l'embarcation, garnie tout autour de bancs, et sur les chaloupes de caissons, reçoit le nom de *chambre;* elle a un plancher en caillebotis ou en panneaux pleins, et est fermée à l'arrière par le *dossier,* panneau transversal, derrière lequel se place l'homme de barre. A l'avant se trouve également un petit *tillac,* formé par un caillebotis, qui reçoit l'installation nécessaire à une pièce d'artillerie de petit calibre pour l'armement en guerre.

Le gouvernail porte à sa partie supérieure un aiguillot, et à sa partie inférieure un femelot (*pl.* 206, *fig.* 1140), qui s'accrochent à un femelot et un aiguillot correspondants, fixés à l'étambot; il est muni d'une sauvegarde en filin, et manœuvré au moyen d'une barre franche; à l'aviron, on se sert sur les baleinières et youyous d'une barre à tireveille. On emploie aussi quelquefois sur les baleinières un aviron de queue.

Nous ne donnerons pas le détail des accessoires des embarcations; nous signalerons seulement les *daviers* (*pl.* 208, *fig.* 1154-1155), gros rouets portés sur un chevalet mobile, que l'on place à cheval sur l'étrave et l'étambot des chaloupes et grands canots, et qui servent à ramener à bord les amarres. Les embarcations portent à l'avant et à l'arrière des chevilles à boucles, rivées en dehors sur l'étrave, l'étambot et la quille, qui servent à crocher les *pattes* en cordages de chanvre ou de fer (*pl.* 208, *fig.* 1156), destinées à les hisser; on évite que l'embarcation ne se retourne, en fixant à la cosse des pattes des *balancines,* qui s'attachent à des boucles spéciales, installées sur le plat-bord. Toutes les embarcations sont pourvues d'un orifice inférieur, appelé *nable*, qui bouché, en temps ordinaire, sert, au moment où on les hisse, à vider l'eau qui a pu s'y introduire.

Les canots à vapeur ont au centre un appareil moteur, composé d'une petite machine à pilon, sur l'avant de laquelle on place la chaudière. Quand celle-ci a son foyer sur l'arrière, un seul homme peut, sinon conduire, au moins surveiller les deux parties de l'appareil. Quand le foyer est sur l'avant (*pl.* 206, *fig.* 1142), le tirage est favorisé par la vitesse de l'embarcation; cette dernière disposition est adoptée sur les canots White.

Les canots à vapeur de $8^{m},50$ sont en deux plans de bordages obliques; les canots White sont du système ordinaire à clin, et ont des caissons latéraux à air; les canots en tôle de $8^{m},85$ (*pl.* 206, *fig.* 1141) sont en tôle d'acier de $1^{mm},5$. Ils reçoivent sur l'avant une toiture démontable, qui permet, si on veut s'en servir comme porteurs de torpilles, d'éviter la gerbe d'eau, que produit l'explosion, et qui rendrait leur situation très critique. Dans le même but, on a cherché à éviter le bruit fort gênant, que produit l'échappement intermittent de vapeur. On y est arrivé,

en la faisant déboucher dans un réservoir intermédiaire, qui la déverse d'une manière à peu près continue dans la cheminée.

Les embarcations des navires des autres nations ne diffèrent en général des nôtres que par des détails. Nous signalerons cependant les canots de la marine anglaise, qui sont pourvus au-dessous du plat-bord d'un bourrelet en liège, destiné à permettre à l'embarcation chavirée de se relever plus facilement; ils ont en outre des quilles latérales, percées d'une série d'évidements, auxquels on peut s'accrocher quand l'embarcation flotte la quille en l'air. Citons également les canots pliants Berthon (*pl.* 208. *fig.* 1157-1158), formés d'une série de membrures longitudinales en bois, qui s'ouvrent en éventail, et sont recouvertes intérieurement et extérieurement de toile, ce qui permet de les loger dans un très petit espace, et de ne les déployer qu'au moment du besoin. Ces canots sont les seuls employés sur nos torpilleurs, et sont rendus réglementaires par une décision récente sur tous les navires (1).

Embarcations de sauvetage. — Les canots de sauvetage proprement dits ne sont pas employés dans notre marine de guerre; les embarcations de ce genre (*pl.* 209, *fig.* 1159), qui rendent les plus grands services le long des côtes, sont de grands canots à forte tonture, ayant les deux extrémités pointues comme celles des baleinières; de vastes caissons à air, placés dans la partie supérieure à l'avant et à l'arrière, et sous les bancs sur les côtés, les forcent à se redresser s'ils sont chavirés. Un plancher est établi au-dessus de la flottaison, et des conduits verticaux, garnis de clapets, laissent écouler à l'extérieur l'eau provenant des coups de mer. Ils sont en bois, formés de deux plans de bordages soutenus par une membrure légère dans les fonds. Le poids considérable qu'entraînent ces installations ne permet malheureusement pas de s'en servir sur les navires, où deux baleinières, disposées de manière à être amenées sans retard, jouent le rôle d'embarcations de sauvetage. Dans la marine anglaise, on rencontre des baleinières de sauvetage (*pl.* 210, *fig.* 1160), avec caissons à air placés aux extrémités et sur les côtés, assurant le redressement spontané de l'embarcation chavirée.

Installation des embarcations sur portemanteaux fixes. — Les embarcations sont installées, les plus grosses en drome ou sur chantiers, les plus légères sur des potences appelées *portemanteaux*, *bossoirs* ou *pistolets;* les deux baleinières de sauvetage sont toujours placées sur portemanteaux.

Sur les navires à voiles (*pl.* 210, *fig.* 1161), la chaloupe était hissée hors de l'eau au moyen de deux palans de *bout de vergue*, dont les pantoires, faisant dormant aux tons des deux mâts majeurs, étaient bridées aux bouts de la grand'vergue et de la vergue de misaine; puis, quand l'embarcation était élevée assez haut pour parer le bastingage, elle était amenée au milieu du pont avec des palans d'*étai,* fixés à une longue pantoire, qui partait des tons des deux mâts. La chaloupe était déposée sur des chantiers épousant ses formes, fixés sur le pont des gaillards; dans les anciens navires à voiles, elle était même amenée dans l'entrepont supérieur, dans le vide laissé entre les gaillards et les passavants. Les grosses embarcations, grand canot, canot de service, se mettaient en drome dans la chaloupe.

Par le travers du mât d'artimon (*pl.* 211, *fig.* 1162-1163-1164), de chaque bord, deux arcs-boutants en bois, pourvus à leur pied d'un piton à charnière, soutenus à la tête par des balancines en patte d'oie, partant du ton du mât d'artimon, supportaient une ou deux embarcations. Les portemanteaux étaient percés de clans, correspondants à ceux des poulies à croc, qui servent à hisser les

(1) Circulaire du 19 mars 1886.

embarcations. A l'arrière, le plat-bord était prolongé par deux pièces longitudinales en porte-à-faux, qui formaient portemanteaux pour une ou deux embarcations, suspendues transversalement. Ces dispositions sont encore usitées sur les navires élevés sur l'eau, où les embarcations ne risquent pas d'être atteintes par les lames, et où le tir des canons n'est pas gêné. Dès que le bâtiment a peu d'œuvre morte, il faut que les embarcations puissent être rentrées (1); il en est de même dès qu'il existe sur les gaillards des pièces tirant en retraite.

Pour les embarcations de l'arrière, on peut, quand le bâtiment est peu élevé, faire les portemanteaux à charnière (*pl.* 212, *fig.* 1165-1166), et les ramener en dedans avec l'embarcation, qui repose alors la quille en l'air.

Portemanteaux tournants. — Pour pouvoir ramener à l'intérieur les embarcations placées sur les côtés, on installe pour chaque embarcation (*pl.* 212, *fig.* 1167-1168) une paire de portemanteaux en forme de cou de cygne, passant dans un collier fixé au plat-bord, et dont le pied repose sur une crapaudine chevillée à l'extérieur; quelquefois aussi, quand on a un plat-bord élevé au-dessus du pont, et soutenu seulement par des batayolles, on y perce un trou, garni d'une jouette en bronze, et on cheville la crapaudine sur la fourrure de gouttière; le fût du portemanteau est ainsi complètement dissimulé.

La saillie des portemanteaux doit être calculée de manière que leur tête se trouve à l'aplomb de l'axe de l'embarcation (*pl.* 213, *fig.* 1169-70-71), sans que celle-ci touche le bord, et qu'une fois rentrée l'embarcation puisse être déposée sur le pont. Elle doit en même temps permettre de faire faire successivement un demi-tour à chacun des portemanteaux, sans que l'avant ni l'arrière viennent buter contre eux. De là résulte aussi la nécessité de placer les points d'attache des palans suffisamment près des extrémités, pour que l'évolution puisse se faire.

Le garant fait dormant sur la tête du bossoir, passe successivement sur les rouets de la poulie à croc et du bossoir, puis sur une joue de vache placée au tournant du cou de cygne, enfin sur une poulie coupée, pour s'élonger ensuite sur le pont.

Quand l'embarcation doit être amenée sur des chantiers, il est souvent plus commode de faire descendre le garant verticalement à partir de la joue de vache, et de le faire rentrer à bord par un clan dans la muraille; on a ainsi plus de facilité pour hisser l'embarcation du pont au portemanteau, quand on veut la mettre à la mer. Le portemanteau doit porter un taquet, auquel on tourne le garant, avant de faire faire la demi-rotation. On y ajoute quelquefois un cylindre de bois (*pl.* 214, *fig.* 1172), sur lequel on fait riper le garant pour amener, ce qui l'use beaucoup moins que si on le fait riper sur un taquet en fer. A la tête, on fixe une bosse en cordage, qui assure la tenue de l'embarcation, indépendamment du garant; pour les grosses embarcations, on remplace la bosse en cordage par une bosse en chaîne, qui saisit la patte de l'embarcation par un croc à échappement.

La tête du portemanteau porte souvent les deux ou trois rouets nécessaires dans des clans; les garants frottent contre les cloisons, et s'usent rapidement. Pour éviter cet inconvénient, la tête du portemanteau est souvent constituée par une caisse de poulie à trois rouets, engagée dans le corps du portemanteau, qui la dépasse, et se termine par un bouton servant à bosser. Quelquefois enfin on remplace les clans par une poulie supérieure ferrée, suspendue par une estrope en fer à émerillon au portemanteau, qu'il devient nécessaire de faire un peu plus élevé.

Deux pitons, vissés sur l'essieu des rouets, reçoivent des bouts de chaîne, dont l'un va se fixer à l'autre portemanteau, et l'autre sur le bord, quand les portemanteaux ne doivent pas pivoter;

1) Circulaire du 3 août 1865.



on y frappe des palans servant au pivotement. Il est commode pour cette opération de placer sur le côté des portemanteaux, un peu au-dessus du plat-bord, un anneau carré (*pl.* 214, *fig.* 1173), dans lequel on peut engager l'extrémité d'une barre d'anspect.

Construction des portemanteaux en fer. — Le contour du cou de cygne étant déterminé, on a le choix de la section à lui donner. Quand il est en fer forgé, on peut lui donner une section transversale circulaire, rectangulaire, ou méplate et arrondie ce qui use moins les garants ; quelquefois on le compose de deux pièces méplates (*pl.* 214, *fig.* 1174), maintenues à distance par des entretoises.

On calcule les portemanteaux en supposant une inclinaison de 10° environ, qui augmente le porte-à-faux, et en admettant dans ces conditions une charge maxima de 6 à 7 kilogrammes par millimètre carré. Il est bon de remarquer qu'en général l'embarcation est appliquée contre le portemanteau par des sangles, et un petit arc-boutant en bois (*pl.* 215, *fig.* 1194) appuyant sur le tableau de la quille, et qu'à moins de rupture des sangles, la bande augmente moins la fatigue que ce calcul ne l'indique. D'autre part les portemanteaux subissent les secousses les plus violentes, quand on amène ou qu'on hisse les embarcations, surtout quand l'opération, exécutée par un faible équipage, se fait par à-coups.

Pour les portemanteaux destinés à de lourdes embarcations, il est avantageux, au point de vue de la légèreté et du prix de revient, de les faire en tôles évidées; on leur donne une section rectangulaire, arrondie au portage du collier par des garnis en fer forgé (*pl.* 213, *fig.* 1171 et *pl.* 215, *fig.* 1175); au pied on rive un pivot en fer, qui tourne dans la crapaudine. Les quatre tôles sont réunies par quatre cornières; des cloisons en tôle, fixées aux premières par des boulons à entretoises, et arrêtées à deux morceaux de tôle transversaux, forment la tête. On obtient ainsi des portemanteaux légers, dont le seul inconvénient est d'user rapidement les garants, par le frottement sur des angles vifs; on peut y remédier en employant, au lieu de cornières, des couvre-joints de cornières, dont l'angle est arrondi (*pl.* 214, *fig.* 1172).

Des portemanteaux de ce genre peuvent se faire pour une ou pour deux embarcations. La figure 1175 (*pl.* 215) représente ceux du Turenne, qui peuvent porter un canot et une baleinière. La poulie de hissage est fixée à un petit chariot, qui court sur la partie supérieure horizontale du cou de cygne, et permet de ramener en dedans l'embarcation; le chariot est entraîné par une chaîne, rentrant dans le portemanteau, et actionnée par un treuil.

Portemanteaux à rabattre. — Il est quelquefois nécessaire que le portemanteau, une fois l'embarcation à bord à son poste de mer, puisse se rabattre pour dégager le tir des pièces du gaillard; dans ce cas (*pl.* 216, *fig.* 1176-77-78) la crapaudine, ouverte sur le côté, ne retient le pivot que quand on met en place une clavette à queue d'aronde. Quant au collier, il est porté par un bout d'arbre horizontal, fixé dans un palier; le pivot étant dégagé, le portemanteau se rabat, et repose sur une ferrure, placée à hauteur convenable.

Portemanteaux pivotant dans un plan transversal. — Sur les navires de guerre des États-Unis, il est assez fréquent, afin de dégager le pont, de placer à la mer les grosses embarcations sur le plat-bord, ou sur un roof qui y aboutit; on emploie alors un genre de portemanteau, qui a été adopté en France sur divers transports (*pl.* 216, *fig.* 1179-1180). Chaque portemanteau se compose d'une pièce de bois ou de fer rectiligne, fixée à son pied sur la muraille, et pouvant pivoter dans un plan transversal au navire; à sa tête, elle porte sur le côté une ferrure, à laquelle est fixée la poulie supérieure du palan de hissage. Une balancine, faisant dormant soit sur la cheminée, soit

sur un pont élevé, soutient le portemanteau, auquel on donne d'abord la saillie nécessaire pour hisser l'embarcation. L'embarcation hissée, on embraque les balancines, jusqu'à ce que la tête des portemanteaux soit à l'aplomb de son poste de mer; il suffit alors de mollir les palans de hissage, pour qu'elle repose sur ses chantiers.

Une disposition analogue est adoptée pour certaines embarcations de bâtiments à très forte rentrée; nous donnons comme exemple les portemanteaux de la Dévastation (*pl.* 217, *fig.* 1181). Ils épousent la forme rentrante de la muraille, sont articulés à leur pied, et soutenus à la tête par des balancines. En mollissant ces dernières, on fait saillir la tête des portemanteaux, jusqu'à ce que l'embarcation puisse parer le fort; un mouvement inverse la ramène à l'abri des coups de mer.

Mâts de charge. — Sur les bâtiments très ras sur l'eau, tels que les garde-côtes, où les embarcations sont déposées sur un pont de manœuvre élevé, et beaucoup plus étroit que le navire, les portemanteaux placés en abord ne sont plus possibles; on emploie dans ce cas un mât de charge en tôle (*pl.* 218, *fig.* 1182), fixé sur le mât de signaux, assez long pour aller prendre les embarcations au dehors; en l'apiquant, au moyen de ses balancines, et en le faisant pivoter, on amène l'embarcation à l'endroit qu'elle doit occuper.

Portemanteaux de rade. — Pour ne pas faire chaque soir l'opération assez pénible de la rentrée des embarcations, on place assez souvent sur le bord des portemanteaux légers, destinés à tirer les embarcations de l'eau, mais qui ne peuvent servir à la manœuvre, si le pont est balayé par la mer. On en installe d'analogues sur la plupart des navires, pour les embarcations, qui, à la mer, ne restent pas en portemanteaux; on peut se contenter d'arcs-boutants à charnière (*pl.* 217, *fig.* 1183), soutenus par des balancines; on les rabat le long du bord, dès qu'on quitte le mouillage. Ils peuvent être faits en bois ou en tôle.

Appareils destinés à amener les embarcations. — Quand on amène une embarcation, il est indispensable que les deux crocs soient largués simultanément, sans quoi, dans un coup de roulis, l'embarcation reste suspendue par une extrémité, et son équipage est en grand danger. Un nombre considérable d'appareils ont été inventés dans ce but; nous nous contenterons de décrire l'appareil Level (*pl.* 218, *fig.* 1184-1185), en usage dans notre marine,et réglementaire sur chaque navire, pour les deux baleinières dites *de sauvetage*.

Les crocs des poulies viennent saisir des doigts en bronze à charnière *aa*, placés au-dessus des bancs, et portés par des tiges en fer rivées sous la quille. Ces doigts ne peuvent basculer que quand ils sont dégagés d'un anneau *bb*, porté par une tige pivotant autour d'un axe horizontal. Les extrémités de ces tiges sont mises en relation par deux tringles *cc*, passant sous les bancs, avec un levier central *d*, terminé par une poignée, et retenu en temps ordinaire par un verrou *e*. Au moment où on veut décrocher l'embarcation, ce qui peut se faire sans inconvénient un peu au-dessus de l'eau, on ouvre le verrou, on pousse la poignée; les crocs sont dégagés, et l'embarcation est libre.

Cet appareil, très bon pour la mise à l'eau, a l'inconvénient, comme ses congénères, de ne pas donner la même sécurité pour hisser l'embarcation. Si une seule des poulies est crochée, l'embarcation risque d'être soulevée par l'extrémité, à moins qu'un homme ne soit prêt à agir à temps sur le levier pour larguer le croc engagé.

Chantiers d'embarcations. — L'embarcation est déposée sur le pont sur des chantiers, soit fixes, soit le plus souvent mobiles. Ces chantiers (*pl.* 217, *fig.* 1186-1187), au nombre de deux ou trois, rendus solidaires au moyen de tiges de fer rond, se composent d'une traverse supportant deux coussins, taillés suivant les formes de l'embarcation; quand ils doivent être mobiles, on les



munit de larges galets en gaïac, portés par une chape pouvant pivoter autour d'un axe vertical; l'axe des galets est placé, au moyen d'une clef emmanchée sur le carré qui termine la chape, dans une direction perpendiculaire au chemin qu'on veut faire suivre au chantier. On a ainsi un chariot, que l'on peut faire marcher en tous sens sur le pont, en orientant convenablement les galets. L'embarcation, mise à son poste, est fixée par de fortes saisines à des boucles du pont; si elle doit recevoir d'autres embarcations à l'intérieur, on interpose des coussins en bois gabariés.

Quand les dispositions du navire s'y prêtent, on place aussi les embarcations sur des chantiers fixes, que l'on peut faire en cornières; c'est ainsi que sont installées certaines embarcations sur les grands transports de Cochinchine, sur les ponts de manœuvre des garde-côtes cuirassés (*pl.* 218, *fig.* 1182). Sur les navires à roues, qui ont composé la première flotte à vapeur, et qui avaient pour but principal le transport de troupes de débarquement, on avait des sortes de chalands, que l'on mettait en place la quille en l'air sur les tambours, et que l'on appelait *canots-tambours* (*pl.* 211, *fig.* 1188). Des portemanteaux de forme spéciale les prenaient à la mer, et les mettaient à leur poste. Quelquefois aussi on a placé des chalands sur le flanc des navires, couchés sur le côté, et tenus par des saisines (*pl.* 222, *fig.* 1189).

Barres de théorie. — Il est souvent commode, pour dégager le pont, de placer les embarcations sur des barrots, élevés de $1^m,80$ ou 2 mètres au moins au-dessus du pont, qui portent le nom de *barres de théorie*. Ces barrots, faits en tôles et cornières, reçoivent quelquefois des chantiers fixes, où les embarcations sont déposées directement; souvent aussi les chantiers peuvent glisser transversalement pour être rapprochés de l'axe. Nous donnons un croquis des barres de théorie du Tourville, installées pour quatre grosses embarcations (*pl.* 219, *fig.* 1190-1191), et de celles du Magon (*pl.* 220, *fig.* 1192-1193). Pour n'avoir pas à donner une hauteur exagérée aux portemanteaux, les coussins sont installés à rabattre, et on ne les relève que quand la quille repose sur le chantier.

Les barres de théorie dégagent très bien le pont, et sont d'une grande commodité; mais il convient qu'elles ne soient pas placées au-dessus des canons des gaillards; un projectile arrivant sur les barres de théorie ferait pleuvoir des débris sur les servants des pièces, et pourrait même mettre celles-ci hors d'état de fonctionner.

On peut citer, comme installation du même genre, les supports placés sur la Dévastation au milieu du pont (*pl.* 215, *fig.* 1194), qui reçoivent des canots à leur poste de mer. Leur pied bifurqué traverse le pont dans deux douilles, ce qui leur donne une stabilité transversale suffisante; les embarcations sont maintenues par des arcs-boutants en bois, qui saisissent la quille.

Disposition d'ensemble. — La disposition d'ensemble à donner aux embarcations varie suivant la dimension des navires, et les angles de tir à réserver à l'artillerie; le résultat principal à obtenir est de pouvoir tenir les embarcations prêtes à être amenées, quand on est au mouillage, et à la mer de les placer assez haut, pour qu'elles ne gênent ni la circulation, ni la manœuvre de l'artillerie, et qu'elles soient à l'abri du souffle des grosses pièces. Nous donnons comme exemple la disposition des embarcations du cuirassé la Dévastation (*pl.* 221, *fig.* 1195-1196).

La chaloupe et le canot à vapeur sont hissés par une grue et un palan de bout de vergue, puis amenés au milieu du pont par des palans d'étai; ils ont des postes de rade par le travers du réduit. Les youyous sont placés à la mer sur potences au milieu du pont à l'avant, et au mouillage sur l'avant du réduit.

Deux canots de 9 mètres sont à la mer sur potences au milieu du pont, au mouillage sur portemanteaux. Deux canots de 10 mètres sont placés sur des portemanteaux à charnières, que l'on se contente de relever quand on est à la mer.

Enfin deux baleinières sont placées à l'arrière du réduit, et deux autres, à l'arrière du gaillard, sont suspendues à des portemanteaux tournants, qui permettent de les rentrer à la mer.

Au mouillage, une partie des embarcations est conservée à la mer par beau temps ; elles sont amarrées sur le *tangon* (*pl.* 219, *fig.* 1197), espar horizontal, perpendiculaire au navire, placé par le travers du mât de misaine, qui sert quelquefois à amurer la bonnette basse. Il est fixé au bord par un piton à charnière, et gréé d'une balancine allant au capelage de misaine, et de deux bras horizontaux. Il porte de longues pantoires, auxquelles on amarre les embarcations, des échelles de corde à marches en bois pour y descendre, et un garde-corps pour soutenir les canotiers qui y circulent, et rentrent à bord par-dessus le bastingage ou par un sabord. Quand les tangons ne sont pas croisés, ils sont rabattus le long du bord, et supportés par un croissant en fer.

FIN DE LA CINQUIÈME PARTIE.



SIXIÈME PARTIE.

EMMÉNAGEMENTS.

CHAPITRE XLVI.

EMMÉNAGEMENTS. — DISPOSITION GÉNÉRALE. — EXTÉRIEUR. — GAILLARDS.

Conditions générales. — On appelle *emménagements* les divisions intérieures, qui assurent un emplacement suffisant, indépendant autant que possible, aux différents services et aux différentes catégories de personnel, que le navire doit renfermer. La variété des emménagements est par suite très grande, et nous ne pourrons guère donner à ce sujet que des indications générales, précisées par quelques exemples.

Les emménagements doivent satisfaire à un certain nombre de conditions, quelquefois peu conciliables. Chaque catégorie du personnel doit avoir les locaux nécessaires, pour qu'il puisse vivre, dormir, travailler, se nourrir, sans qu'il y ait confusion ni contact trop direct entre des individus de grade différent; on doit assurer aux logements une surface, un éclairage et une aération suffisants.

Les approvisionnements, armes et munitions, doivent avoir leur poste déterminé, être facilement accessibles, être à l'abri des chances de détérioration et d'incendie; les poudres et projectiles, en particulier, doivent pouvoir être transportés facilement au voisinage des canons, et être protégés contre les coups de l'ennemi pendant leur transport. L'aération n'est pas moins nécessaire pour les soutes que pour les logements; elle assure la conservation des approvisionnements, et prolonge la durée de la coque. On doit en outre pouvoir assécher les fonds du navire, et épuiser rapidement toutes les quantités d'eau qui viendraient à s'y introduire.

Enfin il est bon que la consommation des approvisionnements ne modifie pas trop fortement l'assiette et la stabilité du navire; de là la nécessité de les répartir sur sa longueur, et de ne pas les placer trop bas, afin que le navire, tout en s'allégeant, puisse continuer à porter sa voilure, et ne pas perdre de sa vitesse; de ne pas les placer trop haut, pour qu'il n'arrive pas à un excès de stabilité, rendant trop vifs les roulis.

A ces points de vue, les anciens navires à voiles présentaient des imperfections sérieuses

53

qui furent corrigées à la suite d'études sur les emménagements, publiées en 1845 par M. le capitaine de vaisseau Lugeol. Le résultat principal fut la subdivision des approvisionnements les plus importants à cette époque, vin, eau, vivres, poudres, en deux séries de soutes placées à l'avant et à l'arrière, ce qui permit, en faisant porter les consommations tantôt sur les unes, tantôt sur les autres, de conserver au navire la différence reconnue la plus favorable. A la suite de ce travail, un règlement ministériel (1851) fixa les emménagements des navires à voiles, au moment où la marine de guerre à vapeur prenait son essor. Il n'a jamais été abrogé, et, quoique modifié par de nombreuses circulaires, il peut être considéré comme étant encore en vigueur pour un certain nombre de points de détail.

Disposition d'ensemble. Magicienne. — Pour donner une idée générale des divisions principales des emménagements, nous parcourrons rapidement ceux d'une frégate à vapeur, d'un modèle déjà ancien, la Magicienne.

Sur les gaillards (*pl.* 223-224, *fig.* 1198), nous trouvons à l'arrière une dunette, occupée par le logement du commandant et du commandant en second; le reste du pont est consacré à la manœuvre et à l'artillerie. Dans la batterie (*fig.* 1199), un compartiment à l'extrême avant sert d'hôpital; il renferme les bittes et chemins de fer; un autre à l'extrême arrière forme le carré, ou salle à manger des officiers; à la suite se trouvent une bouteille et une chambre d'officier, au milieu le bureau du détail et l'office. L'espace intermédiaire contient l'artillerie, renferme les cuisines et sert de logement à l'équipage.

Dans le faux-pont avant (*fig.* 1200) se trouve le poste des maîtres, suivi de leurs chambres, puis des casiers à sacs de chaque bord. La partie centrale est occupée par les soutes à charbon, entre lesquelles se trouvent la cheminée et le four, les panneaux d'aérage de la chaufferie et de la machine; l'arrière fournit un poste aux aspirants, des chambres aux officiers, deux chambres de combat pour le commandant et le second, enfin les coquerons, ou soutes à provisions du commandant et des officiers.

A l'avant de la cale (*fig.* 1201-1202) se trouve le magasin général, dépôt des menus approvisionnements du navire; à la suite, de chaque bord et au milieu, les soutes annexes de la cambuse, puis les soutes aux poudres de l'avant. Plus en arrière, nous rencontrons la cale à vin, qui contourne sur les côtés les puits aux chaînes placés dans l'axe. Au-dessus de la cale à vin se trouvent au milieu la cambuse, et, sur les ailes, les étagères à filin et les soutes à voiles.

Un grand compartiment central renferme l'appareil évaporatoire, puis la machine; de chaque côté des chaudières se trouvent les soutes à charbon. A l'arrière, de chaque côté de la coursive de l'arbre, se placent les cales à eau; sur les ailes, les soutes à boulets et à sable; au-dessus, la cale à filin et des soutes à salaisons; plus à l'arrière, au centre, la soute à poudres arrière; sur les côtés, les soutes à obus; enfin, dans les façons de l'arrière, les soutes à biscuit.

Les communications intérieures se font au moyen d'échelles, placées dans des panneaux superposés verticalement. La position et la grandeur des panneaux doivent permettre à l'équipage de se porter rapidement et sans confusion du faux-pont dans la batterie et sur les gaillards, selon les nécessités de la manœuvre et du combat. Certaines soutes recevant de gros objets se trouvent à l'aplomb ou au voisinage des panneaux; telles sont les soutes à voiles, pour qu'on puisse facilement, dans les cas pressés, enverguer rapidement une voile prise en soute; il en est de même de la cale à vin, dont les panneaux doivent être suffisants pour laisser passer les plus grosses pièces, du panneau de la machine, etc.

Sur les navires plus modernes, la distribution des espaces intérieurs s'est graduellement

modifiée, par suite de diverses circonstances. Le nombre des pièces d'artillerie a décru en même temps que leur calibre s'accroissait, ce qui a conduit à réduire à un ou deux au maximum le nombre des étages de feux, et, sur les cuirassés, à réunir les canons soit dans un réduit établi dans la batterie, soit dans des tourelles situées sur les gaillards; l'emplacement affecté dans chaque entrepont au logement du personnel a donc augmenté, et l'adoption d'engins mécaniques pour quelques manœuvres a permis de ne pas faire suivre à l'effectif de l'équipage l'accroissement du déplacement. L'augmentation du poids des projectiles et des gargousses a conduit à rapprocher leurs soutes de l'aplomb des pièces, à les placer quelquefois entre la machine et les chaudières, souvent même à l'aplomb des tourelles, afin de transporter directement les munitions par des monte-charges hydrauliques.

En même temps on a recherché plus de vitesse; l'encombrement de la machine, des chaudières, du charbon a augmenté; il a fallu créer un vaste magasin pour la machine, un lavabo et des logements spéciaux pour le personnel mécanicien; sur les croiseurs rapides, les organes de propulsion et leurs approvisionnements occupent la majeure partie de la cale, où on a quelquefois grand'peine à les loger, par suite de leurs dimensions, et de l'acculement des varangues. En même temps la réduction de la voilure a permis de gagner une partie des locaux occupés par le filin, les voiles de rechange, etc.

Enfin une nouvelle arme de guerre, la torpille, a donné naissance à des besoins nouveaux, soutes pour les matières explosibles et les torpilles, poste d'inflammation, sabords spéciaux armés d'affûts lance-torpilles.

Par suite de cette transformation, il ne subsiste rien de cette uniformité, que le règlement de 1851 devait amener, et dont on espérait retirer de sérieuses économies. La création d'un certain nombre de navires de transport, destinés à des missions déterminées, transports de matériel, de personnel, de malades, de chevaux est venue accroître encore la variété des emménagements. L'étude individuelle de chacun des types peut seule faire comprendre comment, et avec quelles difficultés, on parvient à y concilier les exigences très diverses de la navigation, du combat et de l'habitabilité.

Magon. — Les emménagements du croiseur à batterie barbette le Magon peuvent être utilement comparés à ceux de la Magicienne, et donneront une idée de la complication qu'a amenée la transformation du matériel naval.

Une teugue à l'avant (*pl.* 225-226, *fig.* 1203) renferme deux canons de 14 centimètres, installés pour le tir en chasse, à des sabords pratiqués dans des pans coupés; entre les canons passent les chaînes, dont les bittes sont placées un peu sur l'arrière; dans l'axe, on rencontre la claire-voie du poste des maîtres, et celle du poste d'équipage, auquel on accède par un panneau placé à l'aplomb de l'arrière de la teugue, sur l'avant du mât de misaine. Sous la teugue et à l'arrière se trouvent de chaque bord les corneaux de l'équipage, les bouteilles des aspirants et des maîtres.

Outre les deux canons de chasse, on trouve sur les gaillards un canon placé à l'extrême arrière sur plate-forme tournante, et douze canons tirant par le travers. Le cabestan se trouve entre les deux premières de ces pièces, et, sur l'arrière du cabestan, on rencontre le panneau de descente de la chaufferie.

Une large passerelle occupe le milieu du pont; elle forme roof, entoure la cheminée, abrite la chaudière distillatoire et les cuisines; elle est surmontée d'un abri vitré pour la roue de passerelle.

Sur l'avant du grand mât, nous trouvons un panneau d'aérage de la chaufferie, avec descente dans le faux-pont; par le travers, l'échelle de commandement; un peu sur l'arrière, les bittes



de remorque; puis, dans l'axe, la claire-voie de la machine, la roue de gouvernail de l'arrière, l'échelle des officiers, les bittes de remorque, la claire-voie du carré, l'échelle et la claire-voie du commandant; à l'arrière on rencontre des bittes d'embossage et des galoches de halage; il existe également des galoches sur la teugue.

Les grosses embarcations sont placées sur des barres de théorie; quatre sont établies sur des portemanteaux tournants, par le travers de la cheminée et à l'arrière. Par le travers des barres de théorie se trouvent à l'extérieur les torpilles divergentes dont les treuils sont placés de chaque bord, un peu sur l'arrière de la cheminée.

Il existe pour les canons-revolvers deux postes sur la teugue, deux autres par le travers de la cheminée, deux enfin à l'arrière.

A l'avant du faux-pont (*fig.* 1204) se trouve le poste des maîtres, garni d'armoires et de caissons; au milieu du poste s'ouvre un panneau conduisant au magasin général. A la suite vient un poste d'équipage renfermant au milieu et sur l'arrière des casiers à sacs; il est traversé par les chaînes.

Plus sur l'arrière se trouvent les soutes à charbon, qui descendent jusque dans la cale, à l'avant et à l'arrière de la chaufferie; entre elles règnent dans le faux-pont deux coursives, contournant le panneau avant de la chaufferie, puis le servo-moteur, la chaudière auxiliaire, la cheminée, le four.

A l'arrière des soutes à charbon se trouve un poste d'équipage, garni de casiers à sacs, et traversé au milieu par l'entourage vitré du panneau de la machine; un peu sur l'arrière se trouvent les pompes, le panneau de descente à la machine et le bureau du détail. De chaque bord se trouvent des chambres de maîtres, l'hôpital, le poste des élèves, les bouteilles et les chambres des officiers, et au milieu le carré.

A l'arrière du carré se trouve un avant-carré, dans lequel aboutit l'échelle du commandant, et sur lequel donnent la chambre du commandant en second, l'office du commandant et son salon; sa chambre et sa bouteille ouvrent dans le salon, terminé à l'arrière par une cloison transversale, qui le sépare d'un coqueron.

La cale (*fig.* 1205-1206) est divisée en trois compartiments principaux; celui du milieu ne contient que la machine, les chaudières et le prolongement des soutes à charbon.

Le compartiment avant renferme au-dessus de la plate-forme une étagère à filin à l'avant, des caisses à fulmi-coton humide, une prison et la cambuse, des soutes à légumes autour du mât de misaine, le poste d'inflammation des torpilles dans l'axe, enfin un casier à sacs; sur les ailes, des étagères à filin, avec quarts de farine; à l'arrière les soutes aux voiles. Sous la plate-forme, on trouve la soute à sable, le magasin général, des soutes à salaisons, les cales à vin, les puits aux chaines, les soutes à poudres et à obus, les cales à eau. Toutes ces soutes ont des panneaux de descente sur la plate-forme; elles sont divisées en deux groupes par une coursive centrale, aérée par une manche à air, disposition avantageuse pour la conservation des vivres.

A l'arrière de la machine, on rencontre sur la plate-forme deux chambres de maîtres, le poste des seconds maîtres mécaniciens à babord, le magasin de la machine à tribord, puis des étagères à filin, des soutes à biscuit, de chaque bord enfin, dans les façons, les coquerons du commandant et des officiers.

En dessous on trouve des soutes à poudres et à obus, et les soutes de divers maîtres.

Indomptable. — Pour donner une idée des transformations que l'adoption de la grosse artillerie, et la suppression de la mâture ont amenées, nous décrirons rapidement les emménage-



ments d'un garde-côte cuirassé, l'Indomptable (*pl.* 227-228). Ce navire n'a pas de batterie ; toute son artillerie est placée sur les gaillards (*fig.* 1207), les gros canons dans des tourelles blindées, l'artillerie légère sans protection. L'avant et l'arrière des gaillards sont dégagés autant que possible, et n'ont qu'un simple garde-corps, afin de ne pas gêner le tir des tourelles ; dans la partie située entre elles il existe une superstructure et deux passerelles non figurées sur le dessin, portant les canons de 10 centimètres et les bastingages ; sur l'une d'elles s'élève à l'avant des cheminées un abri blindé pour le commandant, contenant le poste de commande du servo-moteur du gouvernail.

Dans le faux-pont supérieur (*fig.* 1208), nous trouvons à l'avant un vaste compartiment s'étendant depuis l'étrave jusqu'aux cheminées ; il est consacré au logement de l'équipage, est traversé par la charpente qui supporte la tourelle avant, et le monte-charges des projectiles ; il renferme les chemins de fer, les bittes, le cabestan, les passages des chaînes ; deux chambres de maîtres s'appuient contre la cloison arrière.

A l'arrière de ce compartiment se trouvent les cheminées, enfermées dans une enveloppe en tôle, entourée à sa base par un surbau blindé. Entre les cheminées un panneau donne accès par des échelles dans la chaufferie ; sa partie milieu est fermée par un caillebotis en fer. Contre la face arrière de l'enveloppe, sont les cuisines du commandant, de l'état-major et de l'équipage.

Dans le compartiment allant jusqu'à la cloison étanche suivante, nous trouvons l'hôpital, le poste des maîtres, celui des maîtres mécaniciens, des chambres de maîtres.

Le dernier compartiment est consacré au logement de l'état-major ; il comprend le carré placé au milieu, à l'arrière de la charpente de la tourelle ; de chaque bord plusieurs chambres, les offices du commandant et des officiers ; enfin, à l'extrême arrière, nous trouvons le salon, la salle à manger du commandant, sa chambre et son bureau. Chacun des trois grands compartiments du faux-pont communique directement avec les gaillards par des panneaux à échelles.

Le faux-pont inférieur (*fig.* 1209), situé au-dessous du pont blindé, est arrêté à l'avant à une cloison étanche, qui limite les compartiments vides et étanches de l'éperon. Il renferme dans la partie avant le magasin général et la cambuse ; sous le magasin général (*fig.* 1210) se trouvent une annexe de la cambuse, et la cale à vin ; sous la cambuse, la cale à eau, placée sur une plate-forme. Sur cette même plate-forme se trouvent des pompes rotatives, le distillateur, et en dessous les appareils hydrauliques de manœuvre de la tourelle.

Le compartiment suivant contient dans le faux-pont de chaque bord les puits aux chaînes, le magasin des torpilles, le lavabo des chauffeurs, leurs caissons à sacs, en dessous les soutes à munitions et à projectiles ; des espaces vides et étanches sont réservés de chaque bord, pour limiter l'invasion de l'eau, en cas de brèche faite par l'éperon ou les torpilles.

La partie du faux-pont située au-dessus des chaudières, séparée en quatre par une cloison transversale et une cloison longitudinale, qui divisent également les chaudières en quatre groupes, est longée de chaque bord par des soutes à charbon ; elle contient quatre ventilateurs, qui alimentent la chaufferie ; elle renferme également les caissons à sacs de l'équipage. Les chaudières, placées en dessous, sont séparées de la muraille par les soutes à charbon. Le compartiment suivant est affecté à la machine, qui monte jusqu'au pont blindé, et interrompt par suite le faux-pont inférieur. A la suite nous rencontrons un compartiment analogue à celui de l'avant, et consacré aux munitions de la tourelle arrière ; les compartiments vides et étanches règnent jusqu'au pont blindé. Le faux-pont renferme des puits pour chaînes de rechange, deux soutes à cartouches, des pulsomètres, une pompe à bras.

A la suite se trouve la chambre des servo-moteurs ; de chaque bord et en dessous, en dedans de compartiments étanches, se rencontrent les soutes des divers maîtres, le magasin de la machine,



une étagère à filin, une soute à farine. Enfin le compartiment extrême, situé dans les façons de l'arrière, reçoit la barre, qui y évolue sous les barrots du faux-pont.

Cet exposé rapide ne peut que donner une idée de la complication qu'ont acquise les emménagements. Les communications sont rendues difficiles, parce qu'on cherche à subdiviser le navire par des cloisons, en évitant autant que possible de percer des portes, surtout dans la cale; en outre l'efficacité du pont principal blindé serait compromise, si on ne réduisait pas ses ouvertures au strict nécessaire, et si on ne les garnissait pas de surbaux blindés fort lourds, dont on diminue le nombre et le périmètre autant que possible. Aussi le pont blindé n'est-il percé que par le panneau de descente de la machine, celui de la chaufferie, placé entre les cheminées, les deux monte-charges blindés, et le panneau d'accès de la cambuse et du magasin général.

Échelle de commandement. — A l'extérieur du navire se trouvent, outre les chaînes, les ancres, les bossoirs, les portemanteaux, un certain nombre d'objets non encore décrits.

L'entrée à bord se fait au moyen de deux ou quatre échelles (*pl.* 229, *fig.* 1211-1212), que l'on hisse à bord quand on est à la mer; elles aboutissent chacune à une plate-forme extérieure, à laquelle elles sont accrochées; leur extrémité inférieure porte une petite plate-forme, soutenue par des chaînes fixées sur un pistolet, et on la relève au moyen d'un palan. L'échelle est le plus souvent parallèle au bord, et quand elle a une grande longueur, elle est coupée par une plate-forme intermédiaire; quelquefois aussi elle est perpendiculaire au bord.

Quand les échelles ne sont pas en place, on monte à bord par des marches fixées à la muraille, et qui sont soit en bois (*pl.* 222, *fig.* 1213), soit en rondins de fer (*pl.* 222, *fig.* 1214). A l'arrière du couronnement pendent deux échelles de corde, à barreaux en bois.

Tout autour du navire règne une ceinture en chaîne, fixée de distance en distance à des pitons, et servant au halage des embarcations.

Passerelles. — La nécessité pour les officiers de quart et les timoniers de s'élever au-dessus des gaillards, pour pouvoir gouverner sûrement, a conduit à placer sur la plupart des navires l'un des postes de commande du gouvernail sur une plate-forme, élevée de 2 mètres au moins au-dessus du pont; on la prolonge en abord, de manière qu'elle surplombe la muraille, et permette de l'apercevoir sur toute sa longueur.

Sur les navires à voiles, on se contentait d'une sorte de banc mobile, placé à l'arrière en dedans du bastingage, qui prenait le nom de *banc de quart*. La roue était toujours placée à l'arrière, pour qu'on pût bien embrasser l'ensemble de la voilure. Quand il y a une dunette, on établit encore de petites plates-formes extérieures (*pl.* 222, *fig.* 1215-1216), analogues aux bancs de quart.

La position la plus avantageuse à donner à la passerelle est sur l'avant de la cheminée; quelquefois aussi on la place sur l'arrière; dans cette position, sur les navires à forte voilure (*pl.* 230, *fig.* 1217-1218), elle serait souvent une gêne pour l'établissement de la grand' voile, si on ne prenait le parti de la couper en trois morceaux, dont les deux extrêmes, mobiles, se replient parallèlement à l'axe.

La passerelle est supportée par des épontilles verticales en bois ou en fer. Quand les emménagements des gaillards s'y prêtent (*pl.* 231, *fig.* 1219-1220), on constitue sa partie centrale par le plafond d'un roof, sous lequel on loge les cuisines, ou, sur certains navires, une chaudière auxiliaire; elle repose en abord soit sur des montants en fer partant des plats-bords, soit quelquefois sur des cabines latérales, renfermant des bouteilles (*pl.* 232, *fig.* 1221-1222). La partie centrale, formée par le roof, est assez vaste pour recevoir la roue de passerelle, que l'on protège souvent par un abri vitré; on y ajoute fréquemment une petite chambre pour les cartes, que l'officier de quart a

besoin de consulter à chaque instant aux atterrissages, et qu'il ne peut examiner commodément que dans un espace clos, à l'abri du vent.

Sur quelques grands transports, on a établi une passerelle longitudinale (*pl.* 231, *fig.* 1223), permettant de se rendre de la dunette à la passerelle transversale, sans descendre sur le pont. L'encombrement des gaillards de ces navires justifie cette disposition.

Feux de route. — Sur les navires à voiles, les feux de côté s'installaient généralement à l'extrémité des arcs-boutants d'embarcation (*pl.* 222, *fig.* 1224) placés par le travers du mât d'artimon, sur une fourche en fer fixée à leur extrémité. Sur les voiliers du commerce on les installe souvent sur une planchette, fixée aux haubans d'artimon.

L'usage actuel est d'établir les fanaux de côté aux extrémités de la passerelle, où ils sont aussi bien en vue, et beaucoup plus faciles à nettoyer et à allumer. Les fanaux à bougie, suspendus à la Cardan, s'accrochent à une petite potence (*pl.* 232, *fig.* 1225-1226) soutenue par le garde-corps, qu'il est commode de pouvoir faire pivoter verticalement. Les fanaux à huile minérale (système Barbier et Fenestre) se fixent par trois boulons sur une petite plate-forme en cornière, qui fait saillie sur l'extrémité de la passerelle (*pl.* 230, *fig.* 1227-1228).

Tous les fanaux pour feux de route (*pl.* 233, *fig.* 1229) portent des verres optiques du système Fresnel, qui concentrent la lumière sur une bande horizontale ; ils ont en outre des verres bombés, qui colorent la lumière, et qui sont défendus par un grillage en cuivre.

Les fanaux de côté doivent porter un écran de 91 centimètres de long, dirigé parallèlement à l'axe du navire ; l'amplitude de leur éclairage est de 10 quarts (112° 30'), à partir de l'avant. Le feu de tribord est teinté en vert, celui de babord en rouge (1).

Sur les navires anglais, l'usage est d'installer les deux fanaux colorés à l'avant, dans deux ouvertures percées dans la muraille de la teugue ; cette disposition est très commode pour l'allumage, mais elle diminue un peu l'élévation des fanaux.

Le feu blanc de 225° des navires à vapeur est toujours installé sous la hune de misaine.

Les bâtiments amiraux portent un fanal blanc à l'arrière de la hune d'artimon pour un contre-amiral, de la hune de misaine pour un vice-amiral, de la grand' hune pour un amiral.

Enfin les feux de position, destinés à faire connaître la position de l'arrière d'un bâtiment, quand un autre navire entre ou manœuvre sur rade, sont de petits fanaux de signaux blancs à verre optique (*pl.* 233, *fig.* 1230), sans secteur coloré, que l'on hisse à la corne.

Éclairage électrique. — La nécessité de découvrir au loin les torpilleurs a conduit à installer, à bord de la plupart des navires de grande dimension, des lampes électriques de grande puissance (1600 becs), dont la lumière est lancée à l'horizon par des projecteurs Mangin ; ces projecteurs, montés sur un socle, peuvent tourner autour d'un axe vertical pour fouiller l'horizon, et osciller également autour d'un axe horizontal. A l'origine on a essayé de ne placer qu'un projecteur, et de le transporter d'un bord à l'autre, au moyen d'un petit chariot roulant sur des rails installés sur la passerelle. Aujourd'hui on place généralement un projecteur à chaque extrémité de la passerelle, en porte-à-faux sur la muraille (*pl.* 233, *fig.* 1231-1232) ; la passerelle doit être assez large pour la rotation du projecteur, et de l'homme qui le fait mouvoir.

Filets Bullivant. — La nécessité de protéger les navires au mouillage contre les torpilles automobiles ou portées a conduit à faire les installations nécessaires pour les couvrir par une ceinture continue en filets métalliques, dits *filets Bullivant*. Ces filets, fractionnés en panneaux de 6 mètres

(1) Voir le Règlement du 1er septembre 1884.



de largeur sur 6 mètres de hauteur, sont formés d'anneaux de 16 centimètres de diamètre en fil d'acier, assemblés par de petits anneaux circulaires forgés; tout autour court une chaîne à maillons plats, réunie aux anneaux en fil d'acier de la rangée extérieure par de petits anneaux forgés.

Les panneaux sont transfilés sur une filière d'envergure en fil d'acier, passée sur des tangons, qui portent le filet à 9 mètres du bord, et ont une inclinaison de 1/9; le bord supérieur du filet est à 50 centimètres environ au-dessus de l'eau; les tangons font une saillie de 1 mètre environ sur le filet, et sont réunis à leur extrémité par une ceinture en fil de fer, destinée à défendre le filet contre les chocs des embarcations ou autres objets flottants; ils sont maintenus en position par une balancine et deux bras.

Pour relever le filet, on le serre au moyen de quatre cargues, qui vont faire retour en tête du tangon, et rentrent à bord; le filet serré n'a plus qu'une hauteur de $1^m,20$ environ. Une fois le filet cargué, il est ramené le long du bord et hors de l'eau par une rotation des tangons, qui par un mouvement d'ensemble viennent se rabattre le long du bord dans une position inclinée, calculée de manière que le filet émerge complètement; la tête des tangons est alors à $2^m,20$ environ au-dessus de l'eau.

Bouées de sauvetage. — A l'arrière sont suspendues à l'extérieur, en dehors de tout obscle gênant leur chute, deux bouées de sauvetage, maintenues par une aiguillette rentrant à bord, qu'un factionnaire, armé d'une hache, est toujours prêt à couper. La bouée réglementaire (*pl.* 233, *fig.* 1233) se compose d'un flotteur circulaire en liège, muni de cordages terminés par des flotteurs, auxquels on peut s'accrocher. Au centre se trouve une douille en cuivre verticale (*pl.* 233, *fig.* 1234), qui renferme une capacité étanche remplie de fragments de phosphure de calcium. Un percuteur triangulaire est contenu dans la partie supérieure de la douille, et relié au navire par un fil de cuivre rouge, et au-dessus de lui se trouve un ressort à boudin. Quand on coupe l'aiguillette, la bouée tombe, le fil de cuivre retient le percuteur, qui comprime le ressort, puis casse, et le percuteur, projeté avec force, perce les deux opercules du récipient. Mis en contact avec l'eau, le phosphure de calcium dégage des bulles d'hydrogène phosphoré, qui produisent une lueur assez vive, pendant une vingtaine de minutes.

Installation des tentes et tauds. — Les ponts sont protégés contre le soleil par des tentes, contre la pluie par des tauds en toile, garnis de ralingues.

Pour les soutenir, on installe tout autour du gaillard une série de montants en bois (*pl.* 234, *fig.* 1235) ou en fer, de hauteur convenable pour que la tente soit placée à 2 mètres ou $2^m,50$ au moins au-dessus du pont; les montants sont tenus dans deux étriers, ou *blins*. Deux filières en cordages, *a* et *b*, sont fixées sur les montants; sur l'une est amarrée la tente au moyen de hanets, l'autre *b* sert de marchepied aux hommes pour faire la tente. Partout où il existe des objets tels que portemanteaux, haubans, supports de passerelle, pouvant remplacer les montants, on supprime ceux-ci. Les montants en fer peuvent recevoir la filière dans une sorte de fourche (*pl.* 233, *fig.* 1236), pratiquée à l'extrémité supérieure, dont les branches recourbées ne peuvent la laisser échapper.

Dans l'axe du navire, la tente, qui est fractionnée de mât en mât, est accrochée à un collier sur chaque mât, et à des pitons sur la cheminée. Dans l'intervalle, elle est soutenue par des araignées partant des étais (*pl.* 233, *fig.* 1237).

Les tauds sont installés d'une manière analogue; seulement on leur donne deux pentes vers l'extérieur, en les amarrant à la filière inférieure, pour faciliter l'écoulement des eaux. On établit des tentes spéciales pour les passerelles, la teugue, la dunette, et tous les endroits élevés sur lesquels on circule.



Sur les bâtiments se servant rarement de leur voilure, tels que les paquebots, on installe souvent les tentes à demeure, au moyen de montants en fer, placés dans l'axe, rendus solidaires par une hiloire longitudinale (*pl.* 234, *fig.* 1238-1239-1240), que des espars réunissent aux montants placés en abord, le tout formant une série de fermes transversales. La tente est mieux maintenue, ne prend pas de flèche, et forme une sorte de toiture.

Sur quelques navires séjournant d'une manière permanente dans les pays chauds, la tente est remplacée par une toiture légère en planches embouvetées.

Les panneaux de descente sont garnis pendant la nuit, ou par mauvais temps, d'un capot en toile, soutenu par un dôme, formé de deux arceaux, qui surmontent les chandeliers, et sont en fer ou en cuivre (*pl.* 234, *fig.* 1241-1242).

Drome de mâture. — Les bâtiments à voiles reçoivent des rechanges de mâture, dont les pièces principales, les plus difficiles à loger, sont généralement un mât de hune, deux vergues de hune, un espar à huit pans pouvant faire à volonté un mât de hune ou un bout-dehors de clin-foc, etc...; on y joint en outre d'autres pièces de moindre importance.

Dans l'ancienne flotte à voiles, les rechanges se plaçaient sur le pont, des deux côtés des hiloires des panneaux (*pl.* 230, *fig.* 1218); on les soutenait par des chantiers de 15 à 20 centimètres de haut, taillés suivant la forme des pièces, et suffisants pour éviter qu'elles ne fussent mouillées par les eaux de lavage.

Les navires actuels ont moins de largeur, et de plus reçoivent des canons sur affûts à châssis, qui ne laissent guère d'espace entre eux et les panneaux, ce qui rend l'installation des rechanges de mâture très difficile, si on ne veut gêner ni la maneuvre ni l'artillerie. Aussi est-on la plupart du temps obligé, sur les navires à batterie barbette, de placer les pièces de mâture de rechange sur les barres de théorie des embarcations, au milieu, ou sur des chevalets spéciaux en bois ou en fer, les élevant au moins à $1^{m},80$ au-dessus du pont. Quel que soit leur emplacement, elles doivent être fortement saisies à des boucles, et ne pouvoir se déplacer par les plus violents coups de roulis.

CHAPITRE XLVII.

EMMÉNAGEMENTS DE LA CALE.

Vivres. — La quantité de chaque espèce de denrée à embarquer est définie par le nombre de rations, ou de jours de vivres pour un équipage de force connue, et fixée par le règlement sur la composition des rations. Les vivres dits *de campagne*, par opposition aux vivres *journaliers*, délivrés tous les dix jours en rade, se décomposent de la manière suivante pour 1000 rations :

Vin (déchet non compris)	506kg
Eau-de-vie	44
Salaisons	108
Conserves	86
Farine	198
Biscuit	396
Légumes desséchés	145
Café, sucre, fromage, riz	63
Rafraîchissements, moutarde, oseille, achards	77
Total	1623kg

On ajoute en outre, en vue des déchets possibles :

Vin, 10 0/0	51kg
Biscuit, farine, 8 0/0	47

Ce qui donne, comme poids total de 1000 rations, 1721 kilogrammes.

L'encombrement des principales denrées est utile à connaître. Le biscuit, emmagasiné en galettes régulièrement disposées, pèse 467 kilogrammes le mètre cube ; on place dans un mètre cube 2566 galettes.

Les légumes pèsent environ 800 kilogrammes le mètre cube (fèves 725 kilogrammes, fayols 857 kilogrammes). Le charbon de bois pèse 250 kilogrammes, le charbon de terre 800 kilogrammes le mètre cube, le bois à brûler 400 kilogrammes.

On estime en général à 3 litres par jour la ration d'eau minima.

La ration d'un cheval est de 12 kilogrammes de fourrage, et 15 litres d'eau.

Cales à vin. — Les cales à vin, outre le vin et les spiritueux, renferment souvent une partie de l'approvisionnement de salaisons et de conserves, et les rafraîchissements.



Les contenants des liquides sont des pièces cerclées en fer zingué, dont les dimensions sont indispensables à connaître, pour perdre le moins d'espace possible dans l'arrimage d'une cale, ou pour fixer le plus avantageusement possible les dimensions à lui donner, pour contenir le nombre de rations nécessaire.

La marine emploie 6 genres de pièces, dont la contenance et les dimensions sont les suivantes.

DÉSIGNATION.	CONTENANCE.	LONGUEUR.	GRAND DIAMÈTRE.	POIDS.
	lit	m	m	kg
Pièce de 4	1000	1,47	1,13	190
— 3	750	1,43	0,99	140
— 2	500	1,30	0,86	90
— 1	250	0,97	0,75	50
— 1/2 ou tierçon	125	0,87	0,60	30
Baril	80	0,60	0,34	»

Les cloisons (*pl.* 235, *fig.* 1243-1244) doivent être disposées de manière à laisser entre elles un nombre entier de fois la longueur des pièces de la plus grande dimension comprise dans l'arrimage; la composition de l'arrimage est arbitraire, mais il doit être établi de manière que la pièce de la plus grande contenance soit consommée en peu de jours, sans que le vin ait le temps de s'altérer dans la cambuse.

Les pièces du plan inférieur sont maintenues par des chantiers, sur lesquels reposent leurs extrémités, et qui sont cloués sur le vaigrage. Entre les divers plans des pièces, on interpose le bois à brûler.

Avant d'être mises à bord, les pièces doivent être combugées, en y brûlant une mèche soufrée, et en les lavant avec de l'eau-de-vie ou du vin chauffé.

Une fois qu'elles sont mises en place, le vin de ration y est versé au moyen d'une vaste manche en cuir, placée dans un panneau, et dont la partie inférieure est introduite successivement dans la bonde de chacune d'elles. Pour les vider, on se sert d'une pompe aspirante, qui déverse le vin dans des récipients appelés *charniers*, placés dans la cambuse.

Ces manipulations, dans lesquelles le vin est violemment agité, et mis en contact avec l'air, ont l'inconvénient d'en provoquer l'altération, et quelquefois de le faire aigrir. Un système plus perfectionné, dans lequel le vin est envoyé par pression d'air des foudres du magasin dans les pièces de la cale, puis, au fur et à mesure de la consommation, de la cale dans la cambuse, a été expérimenté sur quelques navires; il porte le nom de système Laburthe. Il donne lieu à quelques complications, par suite de l'étanchéité qu'il faut obtenir pour les tuyaux de refoulement d'air; de plus, il faut que les fonds des pièces soient renforcés, pour pouvoir résister à la pression.

Les salaisons, que l'on place souvent dans la cale à vin, sont renfermées dans des quarts ou tonnelets, dont le diamètre est de 60 centimètres, et la hauteur de 75 centimètres.

La cale à vin doit être exactement fermée par un panneau plein, et une barre de fer cadenassée.

Cales à eau. — Depuis longtemps on a substitué aux pièces en bois, dans lesquelles l'eau s'altérait si facilement, des caisses en tôle de forme parallélipipédique, dans lesquelles la conser-



vation est parfaite. Au début, on pensa accroître leur durée en les zinguant ; mais l'action toxique des sels de zinc y a fait renoncer, et toutes les caisses de cette époque ont été dézinguées ; la seule protection de la tôle est une couche de goudron minéral.

Les caisses (*pl.* 235, *fig.* 1245-1246) se composent de feuilles planes de tôle, réunies par des bandes cintrées, et formant des angles arrondis ; les joints sont rivés à un rang de rivets. Leur section horizontale est un carré de 1^m,29 de côté pour les caisses de 1600 à 3000 litres, et de 1^m,04 pour celles de 800 à 1000 litres. Afin de faciliter leur logement sur les côtés de la cale, un certain nombre de caisses ont un pan coupé à la partie inférieure.

Les dimensions sont les suivantes.

DÉSIGNATION.	COTÉ DE LA BASE.	HAUTEUR.	PAN COUPÉ.		POIDS.
			HAUTEUR.	BASE.	
lit	m	m	m	m	kg
Caisses de 3000	1,29	1,93	»	»	591
— 2800 tronquée	1,29	1,93	0,565	0,565	567
— 2500	1,29	1,60	»	»	514
— 2300 tronquée	1,29	1,60	0,565	0,565	442
— 2000	1,29	1,29	»	»	359
— 1800 tronquée	1,29	1,29	0,565	0,565	340
— 1600 —	1,29	1,29	0,795	0,795	330
— 1000	1,04	1,04	»	»	242
— 900 tronquée	1,04	1,04	0,450	0,450	232
— 800 —	1,04	1,04	0,630	0,630	222

Les caisses ont un trou d'homme *a* à la partie supérieure, fermé par un autoclave, et un trou plus petit *b* pour le passage d'une manche aspirante ; pour les vider complètement, une bonde *c*, placée à la partie inférieure, est manœuvrée au moyen d'une longue clef *d*. On les établit sur des chantiers horizontaux à claire-voie (*pl.* 236, *fig.* 1247-1248-1249) ; elles sont maintenues par des cabrions verticaux et des planches, qui les empêchent de porter les unes sur les autres. Elles sont toujours sur un seul plan, et il faut réserver, entre leur partie supérieure et les barrots, l'espace nécessaire pour qu'un homme puisse se glisser par le trou d'homme, ou, si on ne le peut, faire le pont en panneaux démontables.

L'eau est puisée dans les caisses à l'aide d'une pompe (*pl.* 236, *fig.* 1250), qui l'envoie par un tuyautage en fer étiré jusqu'aux cuisines et aux charniers à eau. Les charniers sont des réservoirs en bois placés dans les batteries, munis de robinets et de gobelets, auxquels l'équipage va boire.

La cale à eau est le plus souvent placée à l'arrière de la machine, de part et d'autre de la coursive de l'arbre, quand la machine est à hélice.

Distillateurs. — L'approvisionnement d'eau, qui était de trois mois au minimum avant l'adoption des distillateurs, a été depuis considérablement réduit, à 20 ou 30 jours le plus souvent. Le surplus est obtenu par la distillation, et le poids à transporter, au lieu d'être celui de l'eau et de ses caisses, n'est plus que celui des distillateurs, et d'une quantité de charbon égale au sixième du poids de l'eau à produire.



Le distillateur réglementaire, dû à M. le directeur des constructions navales Perroy, est un petit condenseur à surface (*pl.* 237, *fig.* 1251), dans lequel la vapeur circule à l'intérieur de tubes en cuivre rouge, étamés à l'étain fin, engagés dans des plaques de tête en bronze; le joint est fait par des rondelles en caoutchouc, et un bourrelet d'étain coulé autour des tubes; deux coquilles en bronze étamé MM, portant plusieurs cloisons, forcent la vapeur à y faire plusieurs circuits. La vapeur est introduite par le tuyau V, qui porte un aérateur, petit appareil analogue de forme à l'injecteur Giffard, par lequel l'air est aspiré et mélangé à la vapeur. Un tuyau E, partant de la partie inférieure, conduit l'eau condensée et mélangée d'air dans une caisse divisée par des cloisons, et remplie de noir animal concassé, matière qui lui enlève ses impuretés et son goût un peu graisseux. L'eau est forcée par des cloisons en tôle d'y faire plusieurs circuits.

Un robinet *d* sert à assécher le faisceau tubulaire; un autre robinet *c* laisse échapper l'air non dissous; en le fermant plus ou moins, on produit une pression intérieure, qui peut faire monter l'eau à une hauteur de deux ou trois mètres.

Le faisceau tubulaire est enveloppé par une boite en tôle zinguée, dans laquelle l'eau entre par un tuyau inférieur P, et sort par un tuyau supérieur S. Un robinet G sert à laisser échapper l'air au commencement de l'opération; un robinet *t*, placé près de la prise d'eau inférieure, sert à la vidange. L'échauffement de l'eau suffit ordinairement pour produire son mouvement de circulation, à la condition que le tuyau d'échappement aille toujours en montant, et n'ait aucune portion horizontale, la pente minima étant de 17 centimètres par mètre; il est cependant utile, pour des navires destinés à séjourner dans des latitudes très chaudes, d'installer le refoulement d'un petit cheval, de manière qu'il puisse au besoin faire l'office de pompe de circulation.

La dissolution de l'air dans l'eau condensée est indispensable à sa salubrité; pour qu'elle se produise bien, il faut que l'eau sorte à 32° environ. Nous donnons comme exemple l'installation d'un distillateur Perroy sur le cuirassé le Turenne (*pl.* 237, *fig.* 1252).

Dans le but d'éviter les matières grasses, toujours entraînées par la vapeur des grandes chaudières, on a quelquefois installé, d'après la proposition de M. l'ingénieur de la marine Cousin, un premier bouilleur (*pl.* 238, *fig.* 1253-1254), ou sorte de distillateur, dans lequel on introduit la vapeur des chaudières, qui distille de l'eau de mer; cette eau vaporisée se rend dans un distillateur Perroy, où elle est condensée.

La vapeur est amenée par le tuyau *a* autour du faisceau tubulaire inférieur, rempli d'eau de mer; celle-ci est conduite par le tuyau *b* à la partie inférieure du bouilleur, s'élève en s'échauffant et distille dans la capacité supérieure, en traversant des diaphragmes perforés, destinés à empêcher les ébullitions tumultueuses. Un tuyau *d* conduit la vapeur au réfrigérant Perroy *e*. Des tuyaux d'extraction, et un tube de niveau complètent l'appareil.

L'eau résultant de la condensation de la vapeur de chauffe autour des tubes est refoulée continuellement dans une caisse voisine du bouilleur, et au delà dans des caisses spéciales de la cale à eau; elle sert soit au lavage du linge, soit au remplissage des chaudières auxiliaires, et de celles des canots à vapeur.

Le bouilleur est disposé à bord, de manière que le niveau le plus élevé, que doit atteindre l'eau, soit un peu au-dessous de la flottaison lège. L'alimentation se fait à intervalles égaux, par le jeu des robinets et des niveaux intérieur et extérieur.

Soutes à biscuit. — Le biscuit est emmagasiné le plus souvent dans des soutes pratiquées dans les formes de l'arrière (*pl.* 239, *fig.* 1255), dont on utilise ainsi la totalité de l'espace. Sur les navires à voiles, on établissait dans l'axe une soute, séparée par deux coursives latérales des soutes



placées contre la muraille. On y accédait au moyen de petites portes à coulisse, ménagées dans les coursives.

Avant d'emmagasiner le biscuit, on fait avec soin le calfatage des vaigres, puis on les garnit d'un doublage en pin, que l'on recouvre d'une bonne couche de brai. Les biscuits sont rangés galette par galette; s'il restait du vide, les mouvements du navire les réduiraient bien vite en poussière.

Sur les navires anglais, le biscuit est renfermé non dans des soutes, mais dans des caisses en tôle parallélipipédiques; on y introduit les galettes par une ouverture supérieure, et on les retire par la partie inférieure. On perd ainsi un peu de place, mais la conservation du biscuit est plus satisfaisante.

Farines. — La farine est livrée aux navires en quarts de 100 kilogrammes, ayant pour hauteur 75 centimètres, et pour diamètre 60 centimètres. On les place dans la cale sous des étagères à filin (*pl.* 236, *fig.* 1247-1248), qui doivent par suite laisser un espace libre de 80 centimètres en dessous.

Cambuse. — La cambuse est le lieu de dépôt et de distribution des vivres en consommation. Elle comprend le plus souvent une pièce principale, située sur la plate-forme (*pl.* 239, *fig.* 1256-1257), et une annexe placée en dessous, à laquelle on accède par un panneau. La cambuse est garnie de caissons, et reçoit le café, le sucre, le fromage, le riz et tout ou partie des conserves. Les légumes y sont placés le plus souvent aujourd'hui; autrefois, on les logeait en grenier, dans de petites soutes doublées en plomb, et pratiquées entre le dessus des soutes à poudres et le faux-pont.

Dans la cambuse se trouvent également des armoires, les charniers (*pl.* 238, *fig.* 1258), sortes de cuves, contenant les unes le vin à distribuer, les autres la viande à dessaler, enfin des étagères pour les bidons et gamelles de l'équipage.

Magasin général. — Le magasin général (*pl.* 239, *fig.* 1256-1257) est le lieu de dépôt de tous les menus objets de rechange, et des matières de consommation générale, telles que les huiles d'éclairage et de graissage, la peinture, la bougie. Il est placé sur la plate-forme, en général à l'extrême avant, et est garni sur tout son pourtour de caissons et d'armoires renfermant la bougie, la clouterie et autres menus objets. Sous la plate-forme se trouve une soute annexe, où on loge les barils d'huile, de goudron, les caisses à peinture, les caisses à huile minérale, huile employée dans la machine. Pour ces dernières, nous renverrons au règlement du 10 avril 1883.

Étagères à filin. — Les rechanges de filin avaient sur les navires à voiles une importance considérable, bien diminuée aujourd'hui. On les installe sur la plate-forme de cale, sur des étagères (*pl.* 236, *fig.* 1247-1248) composées de traverses, tenues sur le vaigrage et sur des montants verticaux; un bordé à claire-voie recouvre les traverses. Des tringles et des crochets, placés en abord, reçoivent le pouliage; sous les étagères on place la farine.

Les gros cordages, tels que les aussières de halage, sont plus commodément placés sur des tourets à axe vertical (*pl.* 240, *fig.* 1259), que l'on installe, quand on le peut, à proximité d'un panneau. Quelquefois même on place des tourets à aussières dans la batterie, sous barrots, ou entre les bittes de mouillage (*pl.* 240, *fig.* 1260). La conservation du filin nécessite qu'il soit au sec, et convenablement aéré, conditions difficiles à obtenir dans la cale.

Puits aux chaînes. — Les puits aux chaînes, sur les bâtiments de moyenne et de petite dimension, sont des espaces rectangulaires compris entre le faux-pont et le vaigrage, et limités latéralement à des cloisons renforcées, pour résister aux chocs des maillons.



Sur les grands cuirassés, on se contente souvent, pour puits aux chaînes, de grandes caisses rectangulaires en tôle et cornières, établies sur le pont cuirassé dans le faux-pont inférieur.

Le volume à donner aux puits aux chaînes s'obtient en multipliant le poids de la chaîne en tonneaux par 0,43; si la chaîne n'est pas lovée, il faut augmenter un peu ce coefficient, et le porter à 0,45.

Soutes à voiles. — Les voiles non enverguées sont placées dans un espace fermé de la plate-forme de la cale; la soute (*pl.* 240, *fig.* 1261-1262) doit avoir de larges portes à deux battants, voisines d'une file de panneaux superposés. La muraille de la soute est formée de montants verticaux, recouverts d'un bordé en planches de pin; quelques virures sont remplacées par des plaques de tôle, perforées de trous suffisants pour assurer le renouvellement de l'air, trop petits pour laisser passer les rats. Quand la soute vient joindre la muraille du navire, les angles sont garnis de bandes de tôle mince.

Soutes à charbon. — Les soutes à charbon (*pl.* 241, *fig.* 1263), placées le plus souvent de chaque côté des chaudières, quelquefois transversalement, et qui montent jusqu'au-dessus du faux-pont, sont limitées d'une part à la muraille, de l'autre à des cloisons longitudinales et transversales en tôle, soutenues par des montants en cornières. Pour résister à la poussée du charbon, on est obligé de les renforcer par des tirants horizontaux. Quand on veut maintenir à la hauteur du faux-pont une réserve de charbon formant blindage, il faut conserver à l'intérieur un pont en tôle, ouvert par des écoutilles, et on ne consomme qu'en dernier lieu le charbon placé au-dessus.

La muraille des navires en bois est garnie dans les soutes d'un doublage en tôle mince d'un demi-millimètre.

L'introduction du charbon se fait par des trous d'homme circulaires, percés dans le pont qui limite la soute (*pl.* 241, *fig.* 1264), garnis d'un cercle en fonte, sur lequel on peut placer soit un couvercle plein, soit un grillage en bronze (*pl.* 241, *fig.* 1265), quand on veut aérer les soutes. Quand il y a une batterie, on place quelquefois des trous d'homme correspondants aux premiers sur les gaillards, et un conduit mobile en tôle traversant la batterie permet de faire le charbon du pont supérieur. Sur certains paquebots, le charbon se fait par des sabords, auxquels aboutissent des conduits fixes et obliques descendant aux soutes.

A leur base dans la chaufferie, les cloisons en tôle sont percées de portes coulissant verticalement, par lesquelles s'introduisent les soutiers, pour rapprocher le charbon à consommer. Ces portes sont souvent disposées à fermeture étanche, et les cloisons des soutes à charbon subdivisent la cale.

En prévision des cas de combustion spontanée, un tuyautage doit être disposé pour envoyer de la vapeur dans toutes les parties des soutes à charbon. Quelquefois en outre, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut (p. 293), un branchement spécial du tuyautage de ventilation artificielle sert à renouveler l'air dans les soutes à charbon.

Magasin et atelier de la machine. — L'outillage considérable, que nécessite l'appareil moteur, est installé en ordre dans un magasin spécial, placé sur la plate-forme, à proximité de la machine. Quand on peut lui donner l'espace nécessaire, on y installe l'atelier des mécaniciens, muni d'un tour, d'une machine à percer, etc. Des caissons et des armoires le garnissent, et renferment les menus objets de rechange, boulons, prisonniers, tresses pour presse-étoupes, ressorts. Les grosses pièces de rechange, tiges de piston, segments de piston, mandrins pour antifrictionner, tubes de chaudières et de condenseurs, sont saisies le long des murailles, dans la chambre des machines, ou à proximité.



Chaufferie. — Les dispositions des chambres de chauffe sont très variées; sur les petits navires, qui n'ont qu'un ou deux corps, les chambres de chauffe sont généralement transversales (*pl.* 242, *fig.* 1266). Quand il y a plus de deux corps, elles sont le plus souvent longitudinales (*pl.* 241, *fig.* 1267). Quelquefois il y a deux chambres, et les chaudières sont placées dos à dos (*pl.* 241, *fig.* 1268); quand il y a une cloison longitudinale, les chaudières sont adossées à cette cloison (*pl.* 242, *fig.* 1269). Quelquefois enfin, quand on a des chaudières à double foyer, s'ouvrant sur deux façades, on a plusieurs chambres de chauffe transversales (*pl.* 242, *fig.* 1270); on passe de l'une à l'autre par des vides réservés entre les corps. Si le bâtiment est en bois, on doit garnir de tôle mince les surfaces voisines des chaudières, afin d'éviter les incendies causés par l'inflammation du feutre (1).

Quand les chaudières sont adossées aux cloisons des soutes à charbon latérales, on réserve aux extrémités de la chambre des espaces, donnant accès aux portes d'entrée de ces soutes, qui doivent être en nombre suffisant pour assurer le service.

La cheminée est toujours garnie d'une enveloppe en tôle, qui règne au moins jusqu'au-dessus du gaillard, et qui réserve autour d'elle une lame d'air, destinée à empêcher qu'elle n'échauffe trop les locaux qu'elle traverse. Quand la voilure le permet, la cheminée est fixe; le plus souvent elle est disposée soit à rabattre horizontalement, au moyen de palans, soit à télescope, et on se débarrasse ainsi de la partie qui gênerait dans la marche à la voile.

Les escarbilles sont le plus souvent transportées dans des seaux, que des treuils font circuler dans des conduits verticaux en tôle, surmontés de manches à vent. Arrivés au gaillard, ces seaux sont saisis par un chariot courant sur un chemin de fer aérien, ou simplement portés à bras en abord, et déversés dans une manche à escarbilles. On emploie dans le même but une pompe due à M. l'ingénieur de la marine de Maupeou, qui, après un broyage entre deux mâchoires, mélange d'eau les escarbilles, et les refoule à l'extérieur. On a également employé des éjecteurs à vapeur pour éviter le transport des escarbilles dans les hauts du navire.

Les soins de propreté des chauffeurs nécessitent l'établissement d'un lavabo avec baignoire, arrivée d'eau chaude et froide, qu'on garnit de petits casiers, dans lesquels ils déposent leurs vêtements de chauffe.

Soutes à poudres. — Les poudres doivent être logées avec des soins tout particuliers, pour éviter les très graves accidents, auxquels elles pourraient donner lieu.

Les poudres sont disposées dans des soutes isolées de la muraille extérieure (*pl.* 243, *fig.* 1271-1272; *pl.* 244, *fig.* 1273-1274); leurs cloisons, quand elles sont en bois, sont formées de montants de 13 centimètres, recouverts extérieurement et intérieurement d'un lambrissage de 3 centimètres. On badigeonne le lambrissage extérieur d'une solution d'alun, puis on le recouvre de couvertures trempées dans la même solution; le tout est protégé par un doublage en tôle zinguée. A l'intérieur, la soute est revêtue d'un doublage étanche en feuilles de plomb soudées. Le fond est fermé par un plancher horizontal.

Sur les navires en fer, on fait l'enveloppe extérieure en tôle, et l'enveloppe intérieure en bois; quelquefois même on fait une double enveloppe en tôle avec montants intérieurs en cornières, dans l'épaisseur de laquelle on peut admettre de l'eau en cas d'incendie. Le doublage en plomb doit toujours être conservé, et il ne doit y avoir aucune pièce intérieure en fer; la serrure et sa clef sont en cuivre.

(1) Circulaire du 31 août 1885.

La partie supérieure des soutes à poudres doit être, autant que possible, tenue à 60 ou 80 centimètres au-dessous de la flottaison; sur les navires en bois, les mailles des barrots sont remplies, et forment blindage.

Les caisses à poudre, en tôle de cuivre, ont une fermeture étanche; elles sont disposées dans des étagères, leur axe horizontal, et l'ouverture vers la coursive. Quand la soute a une grande hauteur, on la divise par un plancher formé de panneaux mobiles. La disposition des étagères doit être étudiée avec soin, les soutes ne fournissant le plus souvent que juste l'espace nécessaire.

On descend dans la soute par une *guérite,* sorte de puits placé dans un angle, qui débouche dans le faux-pont par un panneau à charnière, recouvert par un panneau mobile à tabatière; du puits on passe dans la soute par une petite porte donnant accès dans une des coursives.

L'éclairage de la soute se fait par des fanaux à bougies (*pl.* 243, *fig.* 1275), que l'on place dans une petite armoire extérieure; le fanal est déposé dans un bassin en cuivre, et séparé de la soute par deux glaces, dont l'une seulement est mobile, et permet le nettoyage.

L'allumage se fait par l'extérieur, et la position des fanaux doit être étudiée pour qu'ils éclairent bien toutes les parties de la soute, divisée quelquefois par un bloc d'étagères central.

Quelquefois aussi on éclaire les soutes par le haut, avec des fanaux analogues à ceux des wagons de chemin de fer.

En cas d'incendie, il faut pouvoir remplir d'eau la soute, pour éviter l'explosion; l'eau y est amenée par un tuyau, dont la section doit être calculée de manière que la soute puisse être remplie en 20 minutes au maximum. Sur le tuyau, que, suivant la disposition des soutes, on fera aboutir à une prise d'eau générale ou à une prise d'eau spéciale, on placera un robinet qui puisse être ouvert ou fermé au moyen d'une longue tringle ou clef, du pont de la batterie, ou de celui des gaillards; le robinet de prise d'eau, placé sur la muraille, n'est fermé que quand le tuyautage a besoin d'une réparation.

Il est utile d'assurer à la soute un renouvellement d'air pur; les portes de la guérite restant constamment closes, l'atmosphère y est rapidement viciée. Nous indiquons (*pl.* 244, *fig.* 1276) la disposition du tuyautage d'air des soutes du Redoutable. Un tuyau *a*, partant d'un panneau, descend, se retourne sous la soute et y fait pénétrer l'air au travers d'un plancher inférieur. L'évacuation se fait à la partie supérieure, et traverse la soute à projectiles. La plus grande attention doit être apportée à ce qu'aucun objet susceptible de mettre le feu ne puisse passer par ce tuyautage, et atteindre la soute.

Soutes à cartouches. — Les soutes à poudres ne doivent renfermer aucune matière explosible; on ne doit donc y loger aucune préparation contenant du fulminate, telle que cartouches de fusils et de revolvers, charges pour canons-revolvers, etc... Ces munitions doivent être logées dans des soutes spéciales, dites *à cartouches*, et installées avec les mêmes précautions.

Soutes à obus. Boulets. — Les obus sont déposés dans des soutes (*pl.* 244, *fig.* 1273-1274), qui doivent être installées avec les mêmes dispositions, double enveloppe, tuyautage d'eau, fanaux extérieurs, que les soutes à poudres. Le danger d'inflammation est cependant beaucoup moindre, de sorte que bien souvent on se contente d'une cloison simple; il est de plus très difficile dans les soutes à poudres, et presque impossible dans les soutes à obus, de conserver étanche le doublage en plomb.

Les obus sont arrimés les uns sur les autres, garnis de tours de torons pour protéger leurs ceintures. Au-dessus du panneau de la soute, pratiqué dans le faux-pont, on installe, si le poids

des projectiles le nécessite, un chemin de fer en cornières, fixé sous barrots, qui les conduit au voisinage des pièces à servir.

Comme les poudres, les projectiles sont d'ordinaire fractionnés en deux groupes, et si les pièces sont de calibres différents, on s'attache à rapprocher les munitions des pièces auxquelles elles sont destinées.

Les boulets pleins, mitrailles, projectiles d'exercice, peuvent être arrimés dans des soutes spéciales ; une partie est souvent logée dans les entreponts, le long des fourrures de gouttière, des hiloires de panneau. On les fait reposer dans des parcs à boulets (*pl.* 244, *fig.* 1277), qui les maintiennent immobiles au roulis.

Soutes à poudres et projectiles de la grosse artillerie. — Depuis que des calibres supérieurs au 27 centimètres se sont introduits dans l'armement de la flotte, il est devenu nécessaire de pourvoir les navires d'engins mécaniques, destinés à porter rapidement à la pièce ses munitions, et autant que possible sans rompre charge. On est par suite conduit à placer les soutes directement au-dessous des tourelles ou du réduit, qui contiennent l'artillerie.

Comme exemple de ces dispositions, nous donnons le plan de l'une des soutes à munitions pour canons de 34 centimètres du Marceau (*pl.* 245, *fig.* 1278, et *pl.* 246, *fig.* 1279). La tranche du navire située au-dessous de la tourelle, limitée à deux cloisons étanches, comprend, outre deux compartiments latéraux remplis de charbon, une soute centrale pour les obus, et deux soutes latérales pour les poudres. Les gargousses, placées verticalement, sont saisies par un chemin de fer, et portées à un monte-charge hydraulique placé dans la soute à obus, à l'aplomb du tube cuirassé, qui monte jusqu'aux gaillards.

Les obus sont couchés horizontalement dans les soutes, et une grue centrale les prend à leur place, et les dépose sur le monte-charge.

Dans les deux tableaux qui suivent, (p. 435, 436, 437), nous résumons les dimensions des projectiles et des caisses à poudre, qu'il est nécessaire de connaître, pour établir l'arrimage des soutes sans perte de place.

Fulmi-coton. — Le fulmi-coton est délivré à l'état humide pour charge, et à l'état sec pour amorçage. Le fulmi-coton humide, peu susceptible d'inflammation, est placé dans des caisses, dites *de bord* (*pl.* 245, *fig.* 1280-1281), en chêne, avec poignées en bronze, rendues étanches par une couche de glu marine étalée à l'intérieur. Cette caisse est percée de deux trous, l'un pour verser de l'eau destinée à humecter le fulmi-coton quand il s'est desséché, l'autre laissant couler l'excès d'eau. Ces trous sont munis de garnitures métalliques et de bouchons à vis.

Le fulmi-coton humide doit être logé dans une soute fraîche, soustraite à toute émanation acide, éloignée autant que possible des soutes contenant des matières fulminantes.

Le fulmi-coton sec est disséminé autant que possible. Chaque boite est logée dans un petit caisson fixé entre barrots dans la batterie, à un endroit bien apparent et facile à surveiller, éloigné des fanaux, cuisines, cheminées et autres sources de chaleur.

TABLEAU



Dimensions des caisses à poudre.

(Les hauteurs des caisses sont données non compris les couvercles de fermeture).

DÉSIGNATION des CAISSES.	MUNITIONS RENFERMÉES DANS LES CAISSES.	LONGUEUR.	LARGEUR.	HAUTEUR.
		mm	mm	mm
A$_1$	19cm Me 1870 long G.E.; 14cm Me 1881 G.E.; 10cm Me 1875 M. G.C.E.; 10cm Me 1881 G.C.E.	454	454	569
A$_2$	27 1870 G.E.; 24 1870 G.C.; 16 1870 G.C.	454	454	809
B$_1$	14 1881 G.E.; 10 1875 M. G.C.; 10 1881 G.C.	723	263	578
B$_2$	27 1870 G.E.; 24 1870 G.E.	723	263	618
B$_3$	24 1881 D.G.E.	517	266	797
C$_1$	27 1864 G.C.	826	302	591
C$_2$	27 1864 G.C.	826	302	851
C$_3$	27 1870 G.C.; 27 1870 G.E.; 27 1875 No 2 G.C.	826	302	931
C$_4$	27 1875 No 1 G.C.	826	302	1151
D	27 1870 M. G.E.	826	302	1051
E	32 1870 court G.C.; 32 1870-79 D.G.C.	692	360	1159
E$_1$	32 1870 M. D.G.C.	692	360	809
F	32 1870 M. G.E.; 32 1870-79 G.E.; 27 1870 M. G.C.	627	326	1221
F$_1$	27 1875 D.G.C.	637	336	741
F$_2$	27 1881 D.G.C.	600	325	809
G	32 1870 M. D.G.C.; 32 1870-79 D.G.C.	712	370	809
H$_1$	27 1875 M. G.C.	434	345	1352
H$_2$	34 1875 G.C.	494	385	1482
I	34 1875 D.G.C.	780	454	972
I$_1$	34 1875 D.G.C.	780	454	772
I$_2$	34 1881 de 28c,5 D.G.C.	780	454	1112
K	37 1875 D.G.	848	506	1332
L	42 1875 D.G.	938	520	1172
M	14 1881 G.C.E.	603	303	866
N	16 1881 lourd G.C.	523	343	981
N$_1$	16 1881 léger G.E.	523	343	801
No 1	19 1870 long G.E.; 19cm Me 1870 court G.E.; 16cm Me 1870 G.E.; 14cm 1870 GC.; 14 1870 M. G.C.E.; 10cm Me 1875 G.C.E; 90mm en bronze et Me 1881 de bord G.	485,5	485,5	507,5
No 1 *bis*	19 1870 long G.C.; 16 Me 1881 lourd G.E.; 14cm 1870 M. G.C.E.; 10cm Me 1875 G.C.; 90mm en bronze et Me 1881 de bord G	543	543	635
No 1 *ter*	19 1870 long G.C.; 19cm Me 1870 court G.C.; 14cm 1870 M. G.C.E.; 10cm Me 1875 G.C.; 10 1875 M. G.E.; 10cm Me 1881 court G.E.; 90mm en bronze et Me 1881 de bord G.	485,5	485,5	635
No 2	14 1870 G.C.; 90mm en bronze et Me 1881, bord et embarcations G; 65mm en bronze et Me 1881, bord et embarcations G.	405,5	405,5	447,5
No 3	65mm en bronze et Me 1881, bord et embarcations G.	385,5	325,5	257,5
No 3 *bis*	— — et canons revolvers de 37mm.	485,5	485,5	225
No 3 *ter*	— —	485,5	485,5	305
Caisse de 100ks	Pour poudre en grenier no 5.	406	406	680
Id.	— no 5 *bis*	448	448	573
Caisse pour 47mm à tir rapide	Pour canons de 47mm à tir rapide.	783	266	585

EXPLICATION DES ABRÉVIATIONS.

G.	Gargousse entière.	D.G.C.	Demi-gargousse de combat.
D.G.	Demi-gargousse.	D.G.E.	— d'exercice.
G.C.	Gargousse entière de combat.	Me 18..	Modèle 18..
G.E.	— — d'exercice.	Me 18.. M.	Modèle 18.. modifié.

Dimensions des projectiles.

DÉSIGNATION DES PROJECTILES.			DIAMÈTRE de la partie cylindrique de la ceinture arrière.	HAUTEUR non compris la hauteur des pitons de chainette (1).	POIDS du projectile chargé.
			mm	mm	kg
42 centimètres	Obus	en fonte ordinaire	426,8	1116	650
		en acier coulé	426,8	1021,5	780
	Boulet ogival	en fonte ordinaire	426,8	1022	780
		en fonte dure	426,8	989	780
37 centimètres	Obus	en fonte ordinaire	377,7	984	455
		en acier	377,7	915	460
	Boulet ogival	en fonte ordinaire	377,7	892	460
		en fonte dure	377,7	917	460
34cm modèle 1875	Obus	en fonte ordinaire	344,6	911,6	350
		en acier	344,6	842	420
	Boulet ogival	en fonte ordinaire	344,6	817	420
		en fonte dure	344,6	817	420
34cm modèle 1881	Obus	en fonte ordinaire	345,6	911,6	350
		en acier	345,6	842	420
	Boulet ogival	en fonte ordinaire	345,6	817	420
		en fonte dure	345,6	817	420
32 centimètres	Obus	en fonte ordinaire	325,2	852	286,5
		en acier	325,2	776	345
	Boulet ogival	en fonte ordinaire	325,2	765	345
		en fonte dure	325,2	740	345
27 centimètres	Obus	en fonte ordinaire	278,8	740	180
		en acier	278,8	663	216
	Boulet ogival	en fonte ordinaire	278,8	670	216
		en fonte dure	278,8	645	216
24 centimètres	Obus	en fonte ordinaire	244,3	665	120
		en acier	244,3	587,5	144
	Boulet ogival	en fonte ordinaire	244,3	580	144
		en fonte dure	244,3	560	144
19 centimètres	Obus	en fonte ordinaire	198,2	525	62,50
		en acier	198,2	458	75
	Boulet ogival	en fonte ordinaire	198,2	469	75
		en fonte dure	198,2	449	75
16 centimètres	Obus	Modèle 1870 — en fonte	167,8	497,5	45
		Modèle 1870 — en acier	167,8	390	45
		Modèle 1881 — en fonte	168,3	550	45
		Modèle 1881 — en acier	168,3	390	45
	Boulet ogival	en fonte ordinaire	167,8	380	45
		en fonte dure	167,8	364	45
14 centimètres	Obus	Modèle 1870	142,1	429	28
		Modèle 1881	141,8	476	30
10 centimètres	Obus	Modèle 1875	102,4	340	12
		Modèle 1875 modifié et 1881	102,4	423	14
90 millimètres, modèle 1881. Obus			91,6	256	8
90 millimètres en bronze. Obus			92,1	256	8
65 millimètres en bronze. Obus			67	213	2,7
65 millimètres, modèle 1881. Obus			66,65	213	2,7
47 millimètres à tir rapide (*c*). Obus en fonte ou en acier			(*a*) 64 (*b*) 48,2	522	2,860

DÉSIGNATION DES PROJECTILES.	DIAMÈTRE de la partie cylindrique de la ceinture arrière.	HAUTEUR non compris la hauteur des pitons de chaînette (1).		POIDS du projectile chargé.	
	mm	mm		kg	
47 millimètres revolver (c) — Obus en fonte	(a) 60	235		1,523	
47 millimètres revolver (c) — Obus en acier	(b) 47,7			1,553	
37 millimètres revolver (c) — Obus en fonte	(a) 44	167		0,625	
37 millimètres revolver (c) — Obus en acier	(b) 37,8			0,635	
Boîtes à mitraille pour canon de 34cm	344	786		293	
— — 32	324	694		233	
		P. balles	G. balles	P. balles	G. balles
— — 27	278,1	590	580	146	
— — 24	243,6	530	510.	100	96
— — 19	197,5	385	400	48	48
— — 16	174,5	520	485	44,712	
— — 14	142	450		28,825	
— — 10	104	458		14,111	
— — 90mm	93,5	203		7,890	
— — 65	67	124		2,590	
— — 47 à tir rapide (c)	(a) 64 (b) 46,5	522		2,860	
— — 47 revolver (c)	(a) 60 (b) 46,5	235		1,645	
— — 37 revolver (c)	(a) 44 (b) 36,6	167		0,673	

(1) NOTA. — Les hauteurs des projectiles sont données non compris les pitons du culot.
Ces pitons débordent de :

Pour le 42cm et le 37cm	35mm
— 34 — 32	26
— 27	22
— 24	19
— 19	16
— 16	14,5
— 14	14,5

Les hauteurs des boîtes à mitraille sont données non compris les pitons du culot.
Pour les calibres de 14 centimètres et au-dessus, les pitons sont les mêmes que ceux des projectiles.
— 10 centimètres, les pitons débordent de 9 millimètres.
— 90 millimètres et de 65 millimètres, ils débordent de 6 millimètres.
(a) Diamètre du plateau arrière de la douille.
(b) Diamètre de la ceinture du projectile.
(c) Projectile et charge réunis.

CHAPITRE XLVIII.

LOGEMENTS DU PERSONNEL.

Catégories du personnel. — Le personnel est divisé en catégories distinctes, dont voici l'énumération :

Commandant et officiers supérieurs ;
Officiers subalternes ;
Aspirants ;
1ers Maîtres, maîtres et maîtres chargés ;
Personnel mécanicien ;
Équipage.

Chaque catégorie de personnel a une table particulière, et couche ou dans des chambres, ou dans un poste commun.

Logement du commandant et des officiers supérieurs. — Le logement du commandant, situé en général à l'extrême arrière de l'entrepont le plus élevé, comprend un salon, une salle à manger, un cabinet de travail, un cabinet de bains, une bouteille et une office.

Les figures 1282 (*pl.* 247) et 1288 (*pl.* 248) indiquent la disposition qu'on peut lui donner, quand on l'établit à l'arrière d'une batterie, ou sous une dunette. Si le navire est un bâtiment amiral, le logement de l'arrière est celui de l'amiral, et les chambres placées sur l'avant sont affectées au capitaine de pavillon et au chef d'état-major.

Les figures 1285 et 1286 (*pl.* 247) représentent la disposition adoptée sur des navires à arrière pointu, tels que les corvettes cuirassées, type Alma. Une petite dunette à pans coupés est annexée au logement du commandant ou de l'amiral ; une échelle intérieure y donne accès, et deux portes-fenêtres permettent de passer sur le balcon.

Sur les navires de petite dimension (*pl.* 247, *fig.* 1287), qui n'ont qu'un faux-pont, la salle à manger et le salon sont réunis, ou ne sont séparés que par un simple rideau. On profite quelquefois pour agrandir la chambre à coucher du commandant, ou la chambre voisine, attribuée au second, d'un petit espace pris sous l'échelle qui donne accès au gaillard.

Le mobilier de ces logements, qui se compose de caissons fixes dans le salon, d'une table à manger et d'un buffet, d'un lit, d'un secrétaire, etc..., est en acajou.

Les officiers supérieurs, reçus à la table du commandant, occupent les chambres les plus voisines de son logement. Sur les grands bâtiments portant pavillon d'officier général, il est souvent installé, quand l'espace le permet, un salon commun à leur usage.

Logement des officiers. — Chaque officier subalterne a droit à une chambre située soit dans la batterie, soit dans le faux-pont arrière, et à l'usage commun du carré et de l'office des officiers. Chaque chambre est comprise entre une cloison longitudinale et la muraille, et occupe une longueur de 2m,20 environ. Une couchette en fer, remplacée, si les emménagements l'exigent, par une couchette d'attache en bois, un bureau-toilette et une armoire en noyer la garnissent.

La chambre de l'officier d'administration reçoit les installations nécessaires pour le placement des registres et pièces de comptabilité, qui se rattachent à son service (1).

Dans l'ancienne marine à voiles, le carré était dans le faux-pont entre les chambres; aujourd'hui on ne le met plus dans le faux-pont que sur les navires à batterie barbette.

Les figures 1283 (*pl.* 247) et 1289 (*pl.* 248) représentent une disposition convenable pour un navire à batterie, dont le commandant est logé sous la dunette. Le carré est placé à l'arrière, éclairé par des sabords, garni d'un caisson et d'un meuble entourant la mèche du gouvernail.

Contre la cloison avant (*pl.* 247, *fig.* 1283) se trouve l'office, puis de chaque bord des chambres, dont le nombre est réglé d'après l'espace disponible dans la batterie; l'espace d'une chambre est affecté à la bouteille et à un bureau. Les chambres sont quelquefois reportées dans le faux-pont.

Sur les navires où l'arrière est occupé par le commandant, on prendra la disposition de la figure 1286 (*pl.* 247). Le carré et une coursive longitudinale occuperont la partie centrale; de chaque côté seront distribuées des chambres, continuées dans l'avant-carré.

Sur les navires plus étroits, on supprimera la coursive longitudinale, et on obtiendra une disposition analogue à celle de la figure 1287 (*pl.* 247).

Quand il y a des officiers logés dans le faux-pont, la partie de l'extrême arrière forme deux *coquerons* (*pl.* 247, *fig.* 1284), occupés par les provisions du commandant et des officiers; les deux chambres suivantes sont les chambres de combat du commandant et du commandant en second; à la suite viennent les chambres d'officiers.

Logement des aspirants. — Les aspirants mangent en commun dans un poste situé soit dans la batterie, soit dans le faux-pont; ils couchent dans des hamacs en dehors du poste, comme l'équipage. Le poste, dont les dimensions sont toujours assez restreintes, contient une table à manger et des armoires d'attache en nombre égal à celui des aspirants; la partie inférieure de ces armoires forme caisson. Quelquefois on installe en dehors du poste, dans le faux-pont arrière, un lavabo pour les aspirants.

Éclairage et aération. — Les logements des batteries sont éclairés par des sabords, ceux du faux-pont par des hublots. Sur les frégates cuirassées (*pl*, 248, *fig.* 1290), il n'eût pas été possible de le faire, sans affaiblir la cuirasse à la flottaison d'une manière fâcheuse. Aussi avait-on eu recours à la disposition suivante. Les chambres n'allaient pas jusqu'à la muraille, et on avait réservé une coursive longitudinale obscure, sur laquelle donnaient des fenêtres, et qui facilitait l'aération. Quant à la lumière, elle ne pouvait venir que des panneaux de la batterie, dont les hiloires étaient assez rapprochées de la cloison intérieure des chambres.

Sur les cuirassés actuels, le blindage dépassant peu la flottaison, les hublots peuvent être sans difficulté installés pour éclairer les logements du faux-pont.

Logement des maîtres. — Le poste des maîtres chargés est en général placé à l'extrémité avant du faux-pont (*pl.* 247, *fig.* 1291); il est emménagé de caissons fixes et d'armoires. A la

(1) Circulaire du 14 juin 1853.



suite se trouvent les chambres des maîtres, au nombre de trois de chaque bord. Le maître mécanicien est logé dans une chambre spéciale, rapprochée de la machine, qui se trouve en général dans le faux-pont arrière.

Quand les emménagements le permettent, un poste spécial est installé pour les seconds maîtres et élèves mécaniciens.

Logement de l'équipage. — L'équipage couche dans des hamacs, suspendus à des crocs fixés aux barrots (*pl.* 249, *fig.* 1292-1293). Quand les barrots sont trop élevés (*pl.* 249, *fig.* 1294), on installe au-dessous d'eux, à hauteur convenable, soit des tringles, soit des chaînes transversales, tendues par des ridoirs, qui portent les crocs. L'espace occupé par un hamac est, au minimum, 50 centimètres en largeur, 2 mètres en longueur, les crocs étant disposés de manière que les araignées de hamacs se croisent.

Aux heures des repas, on met en place dans le poste de l'équipage des bancs et tables (*pl.* 248, *fig.* 1295-1296), soutenus par un pied mobile en bois, et deux pitons placés en abord. En temps ordinaire, les bancs et tables sont placés entre barrots, et maintenus par des tringles. Les ustensiles de table des huit hommes, qui constituent un *plat*, sont renfermés dans une boîte logée dans un casier placé également dans le poste.

Sur les navires anglais, les installations sont assez différentes (*pl.* 249, *fig.* 1297); les bancs et tables sont montés à peu près en permanence dans les faux-ponts, et tous les ustensiles de gamelle, beaucoup plus nombreux qu'en France, installés dans de petites étagères placées contre la muraille, en face de chaque table.

Les vêtements des matelots sont renfermés dans deux sacs cylindriques en toile (*pl.* 250, *fig.* 1298-1299), que l'on place en ordre dans les casiers à sacs. Sur les grands navires, où ces casiers peuvent être logés en dehors du poste de couchage, dans le faux-pont par exemple, on peut établir de grands casiers de $1^m,15$ environ de haut, séparés en deux par une cloison horizontale, au-dessus et au-dessous de laquelle se trouvent des cases de 35 centimètres de largeur et de profondeur. Chaque case reçoit deux petits sacs, ou un grand. Le dessus de ces casiers sert d'étagères à filin.

Des filières en cordes ou en chaînes, tendues par des sortes d'espagnolettes cadenassées, s'opposent à l'enlèvement des sacs, en dehors des heures fixées.

Sur les navires plus petits, où l'équipage couche dans le faux-pont avant, les sacs y sont également logés de chaque bord le long de la muraille (*pl.* 250, *fig.* 1300). Quelquefois on fait une rangée de caissons pleins à charnières, fermés par des serrures à moraillon; cette disposition est peu favorable à la propreté, et il vaut mieux installer des casiers (*pl.* 250, *fig.* 1301-1302) ayant la profondeur nécessaire à un grand et à un petit sac, 90 centimètres environ, et qui, avec une hauteur de 75 centimètres, peuvent fournir deux cases superposées. L'espace vide, que laisse en abord le dévers de la muraille, sert à loger des avirons, des mâts d'embarcation, des aussières, etc.

Les effets des seconds et quartiers-maîtres sont renfermés dans de petites armoires, que l'on obtient en fermant par des portes le nombre nécessaire de cases des caissons à sacs.

Emménagements spéciaux aux transports. — Les bâtiments de transport ont besoin d'un certain nombre d'installations, spéciales au but que chacun d'eux a à poursuivre. Ils rentrent généralement dans les quatre catégories suivantes : transports de troupes, de malades, de condamnés, de chevaux.

Sur les grands transports faisant un service régulier, tels que ceux de la ligne de Cochinchine, les passagers ayant rang d'officier sont logés dans des chambres à 2, 4 ou 6 couchettes

(*pl.* 250-251, *fig.* 1303-1303 *bis*), et mangent dans deux carrés particuliers, suivant leur grade. Un entrepreneur spécial, portant le nom de *pourvoyeur*, est chargé de leur fournir la nourriture ; un local renfermant une cuisine et ses accessoires, des soutes à vivres, un parc à bestiaux, placé sous la teugue, lui sont réservés.

Quand on le peut, on loge également le personnel non officier dans des compartiments spéciaux du navire, de manière que l'équipage n'en soit pas gêné.

Les passagers rationnaires couchent dans des hamacs comme l'équipage.

Des soutes spéciales pour la literie et les bagages des passagers doivent être installées.

Malades. — Les transports spéciaux à la Cochinchine reçoivent à leur retour un grand nombre de malades, atteints pour la plupart de dyssenterie, ce qui nécessite des installations plus confortables et plus saines, qui sont arrivées aujourd'hui à une très grande perfection.

Dans ce but, un de leurs entreponts est, dans sa partie centrale, transformé en un vaste hôpital, garni de couchettes à roulis (*pl.* 251, *fig.* 1304-1305), que l'on peut placer, grâce à la hauteur d'entrepont, sur deux rangées superposées ; ces couchettes se composent d'un cadre en fer, garni d'un sommier, accroché à la tête et aux pieds à deux montants verticaux en fer rond. On installe aussi, soit dans les hôpitaux, soit dans les chambres d'officiers passagers, des couchettes fixes démontables (*pl.* 251, *fig.* 1306-1307), portées par quatre montants en fer rond, que l'on peut supprimer totalement, dès qu'on n'en a plus besoin.

L'hôpital doit être complété par quelques annexes : de nombreuses bouteilles, qui communiquent directement avec lui, et dont on verra plus loin la disposition ; une lingerie et une buanderie, une pharmacie, une glacière, soute de la cale enfermée dans une double enveloppe isolante, et à laquelle on n'accède que par un tambour ; enfin une chambre mortuaire.

Condamnés. — Les condamnés aux travaux forcés sont logés dans des prisons grillées (*pl.* 252, *fig.* 1308), installées dans un entrepont ; on réserve une coursive de surveillance entre les prisons et les panneaux, quelquefois une seconde contre la muraille. Les cloisons (*pl.* 252, *fig.* 1309) sont formées de barres de fer rond, engagées en bas et en haut dans une sablière et une hiloire chevillée sous barrots, et consolidées par des traverses horizontales en bois ; on divise les prisons en compartiments comprenant une cinquantaine de prisonniers ; chacun de ces compartiments peut recevoir une bouteille, dans laquelle les condamnés ne doivent pas pouvoir se soustraire entièrement à la vue ; on garnit leur pourtour de bancs.

Les sabords doivent être grillés ; à une des extrémités de la batterie, on réserve un espace suffisant pour y établir un lit de camp, sur lequel les surveillants peuvent se reposer en attendant leur faction ; on peut aussi y installer des canons d'embarcation en batterie, pour le cas de révolte.

Chevaux. — Les chevaux sont logés dans des stalles (*pl.* 252, *fig.* 1310) comprenant cinq ou six animaux, formées au moyen d'épontilles, sur lesquelles s'appuient des bordages transversaux soutenant la croupe, le poitrail et le flanc des animaux ; toutes les traverses sont garnies de bourrelets de toile, bourrés d'étoupe. Les chevaux sont placés en travers, la tête près des panneaux ; une coursive, nécessaire pour le pansage, est ménagée du côté de la muraille. Quelques stalles, d'un cheval seulement, doivent être réservées pour les animaux malades.

Au-dessus des stalles, on visse aux barrots de forts pitons, ou des traverses, au moyen desquels on fixe des sangles, qui soutiennent les chevaux dans les grands roulis ; on installe également des pitons au-dessus de chaque cheval, pour y saisir son harnachement.

La traverse du poitrail est mobile, pour donner entrée à l'animal ; les mangeoires, en tôle

ou en bois doublé de plomb, s'y accrochent; elles sont étanches, et servent pour la nourriture et la boisson.

Le bordé du pont, après avoir été brayé, est recouvert d'un soufflage en chêne, sur lequel on cloue des grains d'orge, pour donner de la prise aux pieds. Les urines sont dirigées à la mer par les dalots les plus voisins; quand on est obligé de loger les chevaux au-dessous de la flottaison, disposition à éviter autant que possible, les urines s'écoulent dans des caisses spéciales, d'où on les extrait au moyen de pompes.

Les chevaux sont embarqués généralement par un palan de bout de vergue, qui les prend au dehors avec une sangle; un palan d'étai les enlève ensuite, et les affale dans un panneau; sur quelques navires, de grands sabords sont installés à la hauteur des batteries, pour les faire entrer directement par un pont d'embarquement.

Pour de courtes traversées, et sur les navires sans installations spéciales, on loge les chevaux sur le pont, dans des stalles démontables, sortes de grandes boîtes rembourrées, dont les panneaux s'assemblent au moyen de crochets. Il faut les saisir fortement aux boucles qui existent sur les ponts, et les accorer par des taquets et des arcs-boutants, appuyés contre les murailles et les surbaux d'écoutilles.

Cloisons en menuiserie. — Les nombreuses divisions, que nécessitent les emménagements, sont faites par des cloisons, que l'on exécute en bois ou en métal. Dans tous les endroits où on le peut, on devra toujours les faire à claire-voie ou à circulation d'air.

Quand on les exécute en menuiserie, les cloisons longitudinales, qui limitent les logements, sont formées de panneaux à moulures (*pl.* 253, *fig.* 1311), séparés par des montants à pilastres, allant depuis le bordé du pont jusqu'à une corniche moulurée, placée sous les barrots. L'entre-barrots est fermé par une planche découpée avec plus ou moins d'élégance, ou par une petite persienne, ou enfin par une feuille de zinc perforé.

Les portes se font quelquefois pleines, souvent aussi à persiennes (*pl.* 253, *fig.* 1312), ou à balustres (*pl.* 253, *fig.* 1313); elles sont montées sur deux paumelles, et fermées par une serrure, le tout en cuivre; quand on n'a pas la place nécessaire au développement de la porte, on emploie des portes à coulisse. Sur la plupart des paquebots et des transports, les cloisons se composent d'une double persienne à lames verticales en forme de V (*pl.* 253, *fig.* 1314), qui laisse très bien passer l'air, mais ne se laisse pas traverser par la vue.

Les dispositions et les profils des panneaux en menuiserie sont réglementés par une circulaire ministérielle du 4 septembre 1882.

Les cloisons transversales apparentes du logement du commandant et du carré s'exécutent de la même manière; quant à celles qui divisent les chambres, on les exécute en panneaux sans ornements. Un de ces panneaux doit pouvoir se démonter pour le branle-bas de combat, et n'est tenu que par des tourniquets. Au moment du combat, il est utile de pouvoir créer une coursive continue en abord le long de la muraille, dans le faux-pont tout au moins, pour pouvoir examiner facilement, et boucher avec rapidité les brèches faites par les projectiles.

Il convient de recouvrir d'une couche de feutre et d'un doublage en bois les cloisons des bouteilles, pour éviter que leurs émanations n'envahissent les chambres contiguës.

Cloisons en tôle. — Les cloisons en bois sont un aliment pour l'incendie, que les obus peuvent facilement allumer pendant le combat; aussi a-t-on cherché à leur substituer des matières rendues incombustibles, telles que le carton. Malheureusement cette substance, qui, consolidée par



quelques fers plats, donne des cloisons d'une résistance suffisante et d'une grande légèreté, s'imbibe rapidement des eaux de lavage, et ne tarde pas à s'abîmer.

Sur les cuirassés construits récemment, on a eu recours aux cloisons en tôle, et pour éviter les montants en cornières, on emploie souvent des tôles minces ondulées zinguées (*pl.* 253, *fig.* 1315), dont les ondulations, dirigées verticalement, ont une assez grande rigidité. Ces cloisons sont quelquefois doubles; des rivets réunissent les sommets des ondes, qui viennent se toucher; elles sont fixées à la tête et au pied par de petites cornières, pliées suivant les ondulations, rivées avec les tôles et vissées sur le bordé du pont.

Ce genre de cloisons, avantageux au point de vue de l'incendie, offre peu de commodité pour l'établissement des nombreux accessoires, qui s'installent le long des cloisons, tels que rayons de bibliothèques, armoires, rateliers d'armes ; leur épaisseur fait de plus perdre quelques centimètres, qui ne sont pas à négliger dans un espace restreint, et les ondulations forment des recoins peu favorables à la propreté.

Lambrissage. Enduits hydrofuges. — La muraille mince des navires en fer s'échauffe avec une grande rapidité sous les rayons solaires, et rend promptement l'habitation insupportable. Quand la température s'abaisse, au contraire, elle abandonne facilement sa chaleur, et condense à son voisinage la vapeur d'eau, dont l'atmosphère peu renouvelée des logements est toujours saturée. On pallie ces inconvénients, en recouvrant l'intérieur des membres de lambrissages en bois de 2 ou 3 centimètres d'épaisseur, dont une partie dans chaque maille doit pouvoir se démonter pour le nettoyage.

Quelquefois on continue ce lambrissage sous les barrots du pont, sans grande utilité, croyons-nous, le pont, recouvert par un bordé en bois, quelquefois par un autre entrepont, étant beaucoup moins exposé que la muraille extérieure, ou les cloisons, aux variations de température.

On emploie aussi pour le même usage le linoleum; mais la présence, à l'intérieur des murailles, des rivets, et des écrous des boulons de blindage rend son emploi impossible sur la muraille même, et, tendu sur des panneaux, il offre peu de solidité.

Enfin on emploie avantageusement des peintures hydrofuges, dont on applique sur le fer même une couche épaisse; ces peintures se composent généralement de glu marine, dans laquelle on incorpore soit des débris de liège, soit de la sciure de bois, ou quelque autre matière pulvérulente peu conductrice de la chaleur.



CHAPITRE XLIX.

CUISINES ET FOURS. — BOUTEILLES ET POULAINES. — ACCESSOIRES DIVERS. — POMPES.

Cuisines. — Les cuisines délivrées aux bâtiments sont de deux types ; les unes, du modèle de M. l'inspecteur général du génie maritime Pironneau, sont destinées à l'équipage ; les autres, dites cuisines Hurez, sont allouées aux groupes de personnel moins nombreux, commandant, officiers, aspirants, maîtres. Il est délivré une cuisine spéciale pour chacune de ces catégories de personnel ; en outre, sur les bâtiments de transport desservis par un pourvoyeur, les passagers ont une ou plusieurs cuisines Hurez, qui leur sont particulières.

Cuisines d'équipage. — Les cuisines d'équipage (*pl.* 254, *fig.* 1316) sont construites en fer ; elles reçoivent sur leur dessus deux grandes chaudières, entre lesquelles se trouve un brûloir à café ; derrière les chaudières, quelques trous permettent de faire une cuisine particulière, soit pour l'hôpital et les seconds maîtres, soit pour les maîtres, si l'emplacement disponible ne permet pas d'allouer à ces derniers de cuisine particulière.

Il existe six modèles de ces cuisines ; nous indiquons ci-dessous leur encombrement, et le personnel qu'elles peuvent nourrir.

DÉSIGNATION.	POIDS.	CHAUDIÈRES.		LARGEUR.	PROFONDEUR.
		CONTENANCE (1).	POIDS.		
	kg	lit	kg	m	m
Cuisines pour vaisseaux de 1er rang.	2408	1000	172	1,94	2,00
— — de 2e rang.	2184	880	145	1,80	1,90
— frégates de 1er rang	1948	640	118	1,62	1,80
— — de 2e rang	1854	560	111	1,58	1,72
— corvettes.	887	350	58	1,30	1,30
— bricks	700	140	36	1,04	1,04

(1) Un litre par ration.

Ces cuisines sont chauffées au charbon de terre par un foyer, placé sur la façade ; des fours s'ouvrent sur les faces latérales, ce qui nécessite qu'elles soient accessibles sur trois de leurs côtés.



On construit aussi quelquefois pour de très petits bâtiments des cuisines d'équipage contenant à la partie inférieure un four à pain.

Cuisines Hurez. — Les cuisines Hurez (*pl.* 255, *fig.* 1317), en tôle avec un dessus en fonte de fer, sont de moindre dimension ; elles présentent les dispositions ordinaires aux cuisines fournies par le commerce. Les récipients à chauffer sont disposés sur le dessus, percé de trous, dont on peut proportionner l'ouverture à leur dimension au moyen de rondelles ; en dessous se trouve une étuve ou four, et sur le côté un bain-marie avec bouillottes. Le chauffage se fait au charbon de terre.

Les cuisines Hurez sont de six grandeurs, dont voici les dimensions.

DÉSIGNATION.	POIDS.	LONGUEUR.	PROFONDEUR.
	kg	m	m
1re grandeur. Grands transports	650	1,90	0,975
2e — Officiers généraux. Carrés	460	1,52	0,885
3e — —	380	1,15	0,810
4e — Croiseurs et avisos	311	1,07	0,800
5e — —	239	0,785	0,745
6e — Canonnières	160	0,72	0,675

Emplacement des cuisines. — Le local affecté aux cuisines est assez variable ; sur les navires à batterie couverte, on trouvait facilement à les installer à l'avant de la batterie, au milieu ; c'est encore l'emplacement qu'on leur affecte le plus souvent sur les grands navires ; par exemple, sur les cuirassés à réduit on les place contre la cloison blindée avant, en dehors du réduit.

Sur les navires de dimensions plus petites, l'installation des cuisines dans un entrepont insuffisamment aéré devient impossible, et on est conduit à les placer dans un roof, élevé au milieu du pont, et servant à supporter la passerelle. Souvent même on place les cuisines sur le pont, sans qu'il y ait impossibilité de les loger à l'intérieur, et uniquement pour rejeter au dehors une cause d'insalubrité et de mauvaise odeur.

Quand les cuisines sont placées dans un roof, on établit un compartiment clos pour chacune d'elles, mais on doit prendre les dispositions les plus propres à faciliter la circulation de l'air ; le roof pourra être construit en bois ou en fer, mais toujours garni de portes à persiennes ; les cloisons intérieures seront à claire-voie, ou même réduites à de simples grilles ; entre la frise du dessus des portes et le pont du roof, on laissera de larges évidements, etc., etc.

Le groupement varie suivant le nombre, la dimension des cuisines et l'espace disponible ; chaque compartiment doit contenir, outre la cuisine, le petit buffet, ou banc de cuisine, qui l'accompagne.

Tous les locaux occupés par les cuisines doivent être protégés contre l'incendie : 1° par un revêtement en cuivre à doublage, en feuilles soudées, posé sur les bordages du pont ; 2° par un doublage en tôle zinguée, appliqué sous le pont supérieur, au-dessus des cuisines. Une conduite en fer étiré, munie de robinets, doit venir de la cale à eau jusqu'à la cuisine d'équipage.

Nous donnons comme exemple la disposition des cuisines du Magon sous un roof (*pl.* 256, *fig.* 1318-1319), et celle de la Nive (*pl.* 256, *fig.* 1320), qui a reçu une cuisine spéciale pour les passagers, une autre pour l'hôpital et une pétrisseuse. Les cuisines de l'Atalante (*pl.* 256, *fig.* 1321) sont disposées dans deux petits roofs, placés en abord sur l'arrière des tourelles.



Fours. — Le pain est fabriqué dans des fours de forme oblongue (*pl.* 256, *fig.* 1322-1323), composés d'une enveloppe en tôle garnie intérieurement de briques réfractaires; ils peuvent être chauffés au bois ou au charbon de terre. Ils sont placés quelquefois dans le faux-pont, dont ils élèvent la température d'une manière fâcheuse, et quand on le peut, dans le roof des cuisines. A côté du four se place le pétrin, qui doit être, autant que possible, placé à l'abri des courants d'air trop vifs. Sur les grands transports, le pétrissage est fait mécaniquement dans les appareils du système Lebaudy; la pâte est malaxée dans une auge en fonte par des palettes, actionnées par une petite machine à vapeur.

Cheminées des fours et cuisines. — Les cheminées des fours et cuisines présentent la principale difficulté de leur installation. Quand les cuisines sont placées dans un roof, on les groupe le plus souvent autour de la cheminée des chaudières, on fait pénétrer leurs cheminées dans l'enveloppe, en les prolongeant d'un mètre ou deux à l'intérieur, et pourvu qu'il n'y ait pas dans les tuyaux de parties horizontales, le fonctionnement se fait bien, à la condition toutefois de réserver quelques regards pour l'enlèvement de la suie.

Quand les cuisines sont dans la batterie, il faut avoir soin que leurs cheminées, que souvent on ne peut réunir, ne gênent ni la circulation, ni la manœuvre de l'artillerie des gaillards, ne rencontrent pas les embarcations, ne risquent pas d'être abattues par le fond de grand'voile, par les écoutes des goëlettes, etc., etc. Le passage des cheminées dans les ponts doit être assez large pour laisser autour d'elles une lame d'air, afin d'éviter que les bordages ne se carbonisent.

Office. — Un complément naturel de la cuisine est l'office du commandant, et celle des officiers. L'office est établie à proximité de la salle à manger qu'elle dessert; sur les bâtiments à batterie (*pl.* 247, *fig.* 1282-1283, et *pl.* 248, *fig.* 1288-1289), elle est placée dans l'axe du navire, ouvre par deux portes latérales, et communique avec la salle à manger par un tambour ou une petite fenêtre. Dans les petits bâtiments (*pl.* 247, *fig.* 1287), l'office est placée en abord, et tient la place d'une chambre; il est bon qu'elle ait une entrée extérieure à la salle à manger. Les offices sont emménagées de buffets d'attache, divisés en compartiments, dans lesquels la vaisselle est disposée de manière à ne pas pouvoir se déplacer au roulis. Sur les cloisons sont attachées des planchettes découpées, dans lesquelles on engage les verres, tasses et autres menus objets.

Corneaux. — Sur les anciens navires à voiles, on disposait d'un emplacement extérieur, la poulaine, dans lequel on logeait dans des conditions d'aération excellentes, et hors de la vue, les bancs creux, les bouteilles des aspirants et des maîtres. Aujourd'hui sur la plupart des navires, les bancs creux de l'équipage sont à l'intérieur du navire.

Quand le navire est pourvu d'une teugue, on place souvent sur l'arrière de la teugue des cloisons, qui renferment les corneaux, et les isolent en les dissimulant. Telle est la disposition adoptée sur le Magon, dont nous donnons un croquis (*pl.* 257, *fig.* 1324); elle permet de placer les corneaux à l'avant, malgré la présence du canon de chasse. Quand le pont porte des tourelles en porte-à-faux (*pl.* 258, *fig.* 1325), on peut assez commodément installer les corneaux dans l'angle compris entre l'avant de ces tourelles et la muraille.

Quand enfin on ne peut adopter les dispositions précédentes, on est fort embarrassé, si l'avant du pont doit être complètement dégagé, pour le tir d'un canon sur plate-forme à pivot central. Dans ce cas on est obligé ou de ne pas abriter les bancs creux, ou de se borner à le faire par un abri en tôle, démontable au moment du combat.

Sur les bâtiments à roues, il est facile d'installer les corneaux dans les *jardins*, espaces triangulaires compris entre les grands baux et la muraille.

Sur les bâtiments qui n'ont que très peu d'œuvres mortes, tels que les types Tempête, Tonnerre, les bancs creux ne peuvent être placés qu'à l'intérieur, ce qui, au point de vue de la salubrité, est éminemment défectueux.

Les bancs creux sont souvent formés de bordages en bois, recouverts intérieurement d'un doublage étanche en plomb. Quelquefois aussi on les fait en cuivre chaudronné et étamé, et on leur donne la forme d'une longue gouttière, dont le fond est incliné.

Il est important qu'un arrosage abondant soit ménagé; autant que possible on devra placer un long tuyau, percé de petits trous, pour l'arrosage permanent, et un robinet au point le plus élevé, pour des chasses d'eau intermittentes.

Les tuyaux de descente, quand les corneaux sont dans la poulaine, descendent verticalement, en suivant la râblure d'étrave, dont ils gâtent souvent le calfatage; quand les corneaux sont à l'intérieur, il faut les placer en abord, afin que les tuyaux de descente, qui vont percer la muraille un peu au-dessus de la flottaison, aient une pente aussi forte que possible, et s'engagent difficilement; ils sont faits en cuivre étamé.

Les corneaux doivent être accompagnés d'un urinoir, placé dans le même local, et le pont doit être complètement recouvert d'un doublage en plomb soudé, remontant sur les cloisons, protégé lui-même contre l'usure par des caillebotis. Toutes ces précautions ont de l'importance, au point de vue de la santé de l'équipage, et de la conservation de la coque.

Bouteilles. — Les bouteilles doivent, autant que possible, être installées au-dessus de la flottaison; on les place soit dans la batterie, soit sur le pont sous la dunette et dans des cabines.

L'appareil se compose d'une cuvette en porcelaine, fermée par un clapet convexe, afin d'éviter le séjour de l'eau, qui serait projetée par le refoulement de l'air dans un coup de roulis; le tuyau de descente traverse le pont, longe la muraille et va la percer un peu au-dessus de la flottaison; il est garni d'une maugère en cuir. La cuvette est recouverte par un siège en noyer, ou autre bois peu perméable aux liquides; il est bon que le devant de ce siège soit facilement démontable pour les réparations.

Un réservoir d'eau, que l'on peut remplir par un bout de tuyau aboutissant au pont supérieur, sert au nettoyage; quelquefois le robinet est commandé par le levier de manœuvre du clapet, quelquefois il est indépendant, ce qui en rend le démontage, souvent nécessaire, beaucoup plus facile.

Quand les bouteilles sont placées dans une batterie, à peu de distance de la flottaison, elles doivent être munies d'un double clapet (1). Sur les bâtiments qui n'ont qu'un faux-pont, les bouteilles des officiers et des maîtres sont dans des cabines sur le gaillard; celle du commandant, maintenue dans son logement, reste dans le faux-pont, et il est quelquefois difficile, même en élevant le siège, de la faire déboucher au-dessus de la flottaison; on est alors obligé d'avoir recours à des bouteilles sous-marines à pompe, qui s'engorgent très facilement, et fonctionnent généralement mal.

Bouteilles extérieures. — Sur les transports-hôpitaux qui font le service des colonies, et en particulier de la Cochinchine, l'installation des bouteilles destinées aux dyssentériques prend une

(1) Circulaire du 17 mai 1886.



grande importance. Leur nombre doit être proportionné à celui des malades, leur ventilation doit être abondante, leur propreté parfaite. On les a rejetées à l'extérieur (*pl.* 257, *fig.* 1326-1327-1328), en construisant vers le milieu du navire, et en dehors, un appendice dont la forme est celle d'un chaland collé contre la muraille. Cet appendice est à deux étages, l'un à la hauteur du gaillard, l'autre à celle de la batterie haute ; il est formé de membrures en cornières, recouvertes d'un bordé en tôle et quelquefois en bois. L'étage supérieur renferme les corneaux de l'équipage et des passagers valides ; l'étage inférieur, de plain-pied avec l'hôpital, et séparé de lui par un tambour, renferme une série de sièges destinés aux malades. Des hublots sur la face extérieure, des sabords ouverts à l'avant et à l'arrière assurent une arrivée abondante d'air frais ; l'eau y afflue en abondance d'un réservoir placé sur le roof des cuisines, dans lequel refoulent les petits chevaux. Adoptée depuis une douzaine d'années sur la plupart de nos transports coloniaux, cette disposition a donné d'excellents résultats ; elle a même été imitée sur un de nos grands croiseurs, le Duquesne.

Éclairage intérieur. — L'éclairage des batteries et du faux-pont se fait au moyen de fanaux rectangulaires, vitrés et grillés (*pl.* 258, *fig.* 1329), dans lesquels brûle une bougie de gros calibre, à laquelle peut, en cas de besoin, être substitué un lampion à huile ; la position de ces fanaux doit être étudiée, pour qu'ils éclairent d'une façon convenable les coursives, et ne laissent autant que possible aucun recoin dans l'obscurité. Ces fanaux, dits *de poste*, sont placés d'une manière permanente sur des planchettes fixées aux cloisons, aux épontilles, aux mâts, etc. Leur nombre et leur position sont arrêtés par la commission d'essai du bâtiment, et un plan d'éclairage doit être dressé.

La machine et la chaufferie sont éclairées par des quinquets à huile (*pl.* 259, *fig.* 1330), d'applique ou suspendus, à un ou plusieurs becs ; il existe en outre de petits fanaux carrés spéciaux pour l'éclairage des manomètres et niveaux d'eau (*pl.* 258, *fig.* 1331).

Le logement du commandant, le carré, les postes des aspirants, des maîtres, des mécaniciens, sont éclairés au moyen de lampes modérateur (*pl.* 259, *fig.* 1332), portées par une suspension en forme de lyre.

D'ici à peu d'années, ces divers modes d'éclairage seront remplacés par l'électricité, déjà employée d'une manière courante sur les grands navires, dans des projecteurs de fort calibre, pour découvrir les navires ennemis, et démasquer les attaques des torpilleurs, et sur quelques-uns comme éclairage intérieur.

Pompes. — Nous avons précédemment décrit la disposition générale du tuyautage de prise d'eau, d'épuisement et d'incendie, installé à bord des navires.

Les pompes à bras sont la plupart du temps du système Letestu, caractérisé par un piston évidé, sur lequel repose un cuir découpé suivant des directions rayonnantes, qui forme clapet de tête ; le clapet de pied est en bronze. La tige de piston, assez longue, est un peu flexible, ce qui dispense sur certains modèles d'employer une bielle.

Les pompes à incendie à deux corps (*pl.* 258, *fig.* 1333) sont montées sur un plateau en bois, dont les côtés se relèvent pour les rendre plus portatives ; un réservoir d'air régularise le refoulement. Les bringuebales en deux parties se démontent pour le transport.

Les pompes à lavage (*pl.* 258, *fig.* 1334) ont un seul corps, terminé à sa partie supérieure par un réservoir évasé, qui débite par un bout de tuyau latéral l'eau aspirée ; la bringuebale peut se rabattre verticalement. On emploie souvent aussi comme pompes à lavage des pompes montées sur plateau, semblables aux pompes à eau douce. On place généralement des pompes à lavage près de

l'étrave et à l'arrière du pont des gaillards; on en met aussi vers le milieu de la longueur du navire, dans les grands porte-haubans.

L'épuisement des cales se fait au moyen de deux sortes de pompes; les unes, dites *pompes royales* (*pl.* 259, *fig.* 1335), sont simplement aspirantes; elles sont installées au pied du grand mât, dans la batterie, ou sur les gaillards des bâtiments sans batterie, et déversent sur le pont l'eau qui doit s'écouler par le dalot le plus voisin. Il en résulte que si le dalot est peu élevé au-dessus de l'eau, et si le bâtiment donne beaucoup de bande, ou s'il est immergé d'une façon exceptionnelle, par suite d'une voie d'eau considérable, les pompes ne peuvent plus rejeter l'eau au dehors, précisément lorsqu'on aurait le plus besoin de leur secours.

Aussi les remplace-t-on souvent par des pompes aspirantes et foulantes (*pl.* 259, *fig.* 1336), qui, fermées à la partie supérieure, et pourvues d'un tuyau de refoulement, peuvent envoyer l'eau à un tuyau de décharge débouchant bien au-dessus de l'eau, et peuvent fonctionner utilement en toute circonstance.

Les pompes de cale ont généralement leur aspiration dans un petit compartiment fermé par des cloisons, établi au pied du grand mât, qui porte le nom d'*archipompe*. Pour pouvoir augmenter le nombre d'hommes qui les manœuvre, on place quelquefois une seconde paire de bringuebales dans un entrepont supérieur, et on les réunit aux premières par des bielles pendantes, traversant le pont (1).

Sur tous les navires à vapeur, ces appareils, indispensables quand on est au mouillage, deviennent secondaires dès qu'on a les feux allumés. Ils sont remplacés par les pompes de cale de la machine, les pompes de circulation, qui peuvent être disposées pour l'épuisement, les petits chevaux de toute espèce, les pompes du système Thirion, les pompes rotatives, et pour les cas d'urgence, ou lorsqu'on veut utiliser la vapeur des chaudières en arrivant au mouillage, par les pulsomètres. Sur la plupart des navires du reste, on installe une ou deux chaudières auxiliaires, destinées aux services accessoires, tels que pompage, épuisement, manœuvre du cabestan, distillation, éclairage électrique, qui restent constamment en pression, même au mouillage. Le nombre et la disposition des appareils varient d'un navire à l'autre; pour indiquer leur distribution, et leur répartition dans les différents compartiments de la coque, nous donnons la disposition des pompes du cuirassé l'Amiral-Baudin (*pl.* 259, *fig.* 1337).

Nous donnons également, à titre de renseignement, la nomenclature des appareils de pompage de quelques navires.

Redoutable.

Épuisement.	1 pompe centrifuge, débit 600 tonneaux. 2 éjecteurs, débit 400 tonneaux. 1 pompe à vapeur Thirion, débit 40 tonneaux. 1 pompe à bras aspirante et foulante de 30 centimètres. 1 pompe de 12 centimètres pour assécher la cale. Pompe de circulation de la machine.
Incendie	Pompe à vapeur Thirion. Pompe à bras de 30 centimètres (communiquant avec la mer).

(1) La circulaire ministérielle du 30 septembre 1885 a réglementé de la manière suivante les divers types de pompes :

Pompes aspirantes et foulantes, à deux corps, de. . .	30 et	20cm.
— à incendie, de	10	12
— à eau douce, de	8	12
— à vin, de.	6	8

Fulminant.

Épuisement.	2 pompes de cale de la machine, débit 120 tonneaux.
	2 pompes de circulation, débit 1400 tonneaux.
	1 pompe centrifuge, débit 400 tonneaux.
	1 pompe à vapeur Thirion, débit 12 tonneaux.
	2 éjecteurs, débit 400 tonneaux.
	1 pompe à bras de 20 centimètres.
Incendie	2 pompes Behrens des appareils hydrauliques, débit 30 tonneaux.
	— des chaudières, débit 36 tonneaux.
	Pompe à vapeur Thirion, débit 12 tonneaux.
	Pompe à bras de 20 centimètres.

Duquesne.

Épuisement.	1 pompe centrifuge, débit 816 tonneaux.
	2 éjecteurs Friedmann, débit 500 tonneaux.
	6 éjecteurs américains.
	1 pompe à bras de 30 centimètres.
	1 — 20 centimètres.
	1 — 10 centimètres pour assécher la cale.
Incendie	Pompe à bras de 30 centimètres.
	— 20 centimètres.
	Pompe Behrens de la chaufferie.

CHAPITRE L.

INSTALLATIONS RELATIVES A L'ARTILLERIE. — ABRIS BLINDÉS. — TORPILLES.

Disposition générale de l'artillerie. — La disposition générale des pièces d'artillerie a beaucoup varié, suivant les époques et la puissance motrice employée à la propulsion, qui est un des facteurs les plus importants de la tactique navale. Sur les navires à voiles et les premiers navires à vapeur, le combat devait se livrer en défilant à contre-bord; aussi se bornait-on à placer de nombreux canons dans une ou plusieurs batteries superposées, à des sabords en échiquier. C'est encore cette disposition, qui a été adoptée sur les premiers navires cuirassés (*pl.* 326, *fig.* 1612), et qui est conservée sur les croiseurs à batterie (*pl.* 334, *fig.* 1679).

Bientôt, l'accroissement de la vitesse n'a plus permis de penser que le nombre de coups tirés pendant un passage rapide à contre-bord pût être suffisant; l'accroissement du calibre des canons en réduisait le nombre, en même temps qu'il ralentissait le tir. Enfin l'installation de l'éperon a fait adopter l'idée du combat en pointe, et, malgré des difficultés souvent insurmontables, on a dû renforcer l'efficacité des feux en chasse et en retraite. Dans ce but, on a ajouté à la batterie blindée du réduit des canons placés aux extrémités, et plus souvent des tourelles établies sur les gaillards, soit en encorbellement, soit au milieu du pont (*pl.* 326, *fig.* 1613). Quelquefois aussi le réduit a été pourvu de sabords percés dans des pans coupés, et permettant le tir à peu de distance de l'axe longitudinal (*pl.* 326, *fig.* 1617). Sur d'autres navires, deux réduits ont été superposés, le réduit inférieur disposé pour le tir en belle, le réduit supérieur pour le tir en chasse et en retraite (*pl.* 330, *fig.* 1650). Quelquefois aussi on a renforcé le tir en chasse, en taillant à pan coupé le réduit inférieur (*pl.* 330, *fig.* 1651).

Sur les navires cuirassés les plus récents, l'artillerie tout entière est placée dans des tourelles tantôt barbettes, tantôt fermées et mobiles, renfermant un ou deux canons. Souvent les tourelles sont au nombre d'une ou de deux seulement, et placées dans l'axe (*pl.* 332, *fig.* 1662), et l'on a quatre pièces prêtes à tirer par le travers, deux seulement en chasse et en retraite. Sur d'autres navires les tourelles sont placées en dehors de l'axe, afin de permettre le tir en chasse et en retraite de trois ou de quatre canons (*pl.* 333, *fig.* 1670). Enfin, sur plusieurs navires français récents, les tourelles sont au nombre de quatre, deux en encorbellement, et deux dans l'axe (*pl.* 327, *fig.* 1621); sur quelques autres trois tourelles seulement, portant des pièces du plus fort calibre, sont établies dans l'axe (*pl.* 327, *fig.* 1622).

Installations anciennes. — L'installation de l'ancienne artillerie de mer à âme lisse, et des premiers types de canons rayés était d'une grande simplicité. Les pièces étaient montées sur des affûts en bois à échantignolles ou à quatre roues, qui couraient sur le pont par l'effet du recul, elles étaient toutes placées à des sabords de la muraille (*pl.* 260, *fig.* 1338-39-40).



Les garnitures de la coque, nécessitées par la manœuvre, se réduisaient à peu de chose : deux pitons *aa*, placés de chaque côté du sabord, recevaient les manilles de bragues ; deux crocs *bb* recevaient les palans de côté ; enfin des boucles fixées sur le pont, sur des barrots ou des entremises, servaient à crocher le palan de retraite et les palans de direction. Les pitons *dd* servaient, avec les boucles du pont, à l'amarrage à la serre. Une latte *c*, fixée contre le seuillet, facilitait le pointage de la pièce sous les grands angles, en l'écartant de la muraille, et en empêchant les fusées de l'essieu avant et les roulettes de porter contre la muraille.

La création de pièces plus lourdes a nécessité l'adoption d'affûts à flèche directrice, puis à châssis, pour pouvoir les manœuvrer sans trop de difficulté ; la nécessité de battre une grande partie de l'horizon a conduit à les placer sur des plates-formes tournantes ou dans des encorbellements. Enfin la recherche de la protection des pièces et de leurs servants a obligé à les établir dans des tourelles, tantôt fixes, tantôt mobiles ; de là résulte une variété très grande d'installations.

Chevilles ouvrières. — L'affût à châssis doit tourner autour d'un axe vertical appelé *cheville ouvrière*, placé à l'intérieur de la muraille, et souvent dans son épaisseur. Pour les canons légers, tels que le 10^{cm}, le 14^{cm}, le 16^{cm} et le 19^{cm}, on se contente de fixer sur le pont une crapaudine en bronze (*pl.* 261, *fig.* 1341-1342), tenue par 5 ou 6 boulons, dans laquelle se visse la cheville ouvrière, après avoir traversé la partie avant du châssis, ou une Y qui le prolonge.

Pour les calibres plus forts (*pl.* 260, *fig.* 1343), la cheville ouvrière est un boulon vissé dans une plaque horizontale, qu'un retour d'équerre lie au blindage ; elle est placée dans l'axe du sabord, et à mi-épaisseur de la muraille. La cheville ouvrière d'un canon de 24^{cm} a un diamètre de 100 millimètres ; elle traverse une Y portée par le châssis.

Circulaires. — Les galets, qui garnissent les châssis, doivent rouler sur des circulaires en bronze, centrées sur la cheville ouvrière. Pour que le châssis ne se gauchisse pas, il est nécessaire que les circulaires soient dans un plan perpendiculaire à l'axe de la cheville ouvrière ; pour que la justesse du tir soit assurée, il convient que leur plan soit parallèle à la flottaison du navire, ce qui les écarte du pont en certains points, et conduit à les placer sur des garnis en bois, qui peuvent, quand la tonture est forte, avoir une hauteur notable, et gênante pour la circulation, surtout vers les extrémités du navire. Quelquefois les deux circulaires sont dans le même plan, quelquefois dans deux plans parallèles.

Les circulaires doivent avoir au moins le développement correspondant aux angles extrêmes de tir que permet le sabord ; souvent on les prolonge jusqu'à la muraille sur l'avant ou sur l'arrière (*pl.* 226, *fig.* 1203), pour pouvoir mettre les pièces *en vache*, et dégager la circulation de la batterie ou des gaillards, en dehors des heures d'exercice et de branle-bas.

Les circulaires (*pl.* 261, *fig.* 1344) sont percées de trous, dans lesquels des broches d'arrêt, portées par l'affût, s'engagent aux positions de repos, en belle et en vache ; elles portent également des taquets en bronze, limitant le pointage extrême en chasse et en retraite. Pour certains calibres (27^{cm}), l'affût porte à l'avant une agrafe, destinée à faire arrêt contre la circulaire avant, au cas où la cheville ouvrière viendrait à mollir.

Les circulaires sont fixées sur les ponts par des vis à bois ou des boulons, dont les têtes sont noyées dans leur épaisseur.

Dans certains modèles d'affûts, il existe pour le pointage en direction des pignons, qui engrènent avec une denture verticale ou horizontale portée par la circulaire.

Quand la manœuvre se fait à bras, on installe les crocs à palans, et les boucles de retraite et de direction ; celles-ci sont fixées souvent par un taraudage dans une plaque boulonnée sur le pont,

et on enlève la boucle, dès qu'on n'en a plus besoin. On installe également sur le pont des boucles, auxquelles viennent se raidir avec des ridoirs des élingues en fil de fer, destinées à saisir les canons à la mer (*pl.* 263, *fig.* 1345-1346).

Les ferrures nécessaires pour un canon de 27 centimètres de batterie sont les suivantes.

Sur la muraille, de chaque côté du sabord, un piton de manille pour brague de sûreté et amarrage, une plaque d'attache pour poulie de palan de côté et quatre crocs.

Sous barrots, deux pitons de serre, une tringle de chargement.

Sur le pont, entre deux pièces, une cheville à deux boucles pour palan de direction, remplacée par un piton contre la cloison du réduit; deux chevilles à deux boucles pour palan de retraite, servant pour les deux pièces de deux sabords opposés; deux boucles à mortier amovibles pour aiguillettes de culasse.

La figure 1347 (*pl.* 262) indique les formes des pitons et boucles, usités pour l'amarrage et la manœuvre à bras des pièces d'artillerie.

Changement de sabord. — Le transport d'un sabord à un autre, nécessaire quelquefois, par exemple quand on veut que la même pièce puisse tirer à la fois par un sabord de chasse et un sabord de la joue, ou en retraite et par la hanche, s'effectue en la faisant pivoter tantôt autour de l'avant, tantôt autour de l'arrière de son affût. Des circulaires, centrées sur les différentes positions des axes de rotation, permettent cette manœuvre bien difficile au moment du combat, et d'ailleurs peu usitée aujourd'hui. La figure 1348 (*pl.* 262) représente en outre un rail central, qui servait à reporter sur l'arrière la pièce de chasse de la Gloire, pour éviter de trop charger l'avant du navire.

Encorbellement. — L'angle de tir maximum des canons placés aux sabords était généralement de 45° sur l'avant et 45° sur l'arrière du travers; sur les cuirassés à réduit, il a été augmenté en évasant les sabords à l'intérieur, et porté sur le type Friedland à 68° et 72° pour les canons de 27 centimètres du réduit; il est difficile, même en faisant des façades obliques, d'arriver à un angle total de 100°, sans découper beaucoup la muraille. On ne considère plus ces angles comme suffisants pour les canons des navires actuels, en nombre beaucoup plus restreint que ceux des anciens navires; aussi cherche-t-on à augmenter l'amplitude du tir, au moins pour les canons des gaillards.

Quelquefois on se borne à raser la muraille à la hauteur des gaillards (*pl.* 263, *fig.* 1349-50-51), à élargir le pont en donnant une surépaisseur aux bordages, et à fermer l'ouverture par un pavois en tôle faisant saillie sur le livet du pont; on gagne ainsi toute l'épaisseur de la muraille, et on peut avancer vers l'extérieur la cheville ouvrière. La volée passe librement par-dessus les pavois fixes, que l'on complète, quand on ne tire pas, par des parties mobiles.

Quand on veut soit obtenir un tir plus étendu, soit pouvoir tirer en chasse et en retraite, on construit un véritable encorbellement (*pl.* 264, *fig.* 1352-1353), faisant assez saillie sur la muraille pour que la pièce puisse être pointée parallèlement à l'axe. Ces encorbellements se construisent assez facilement sur les navires en fer, au moyen de cadres en cornières, placés au droit des membres, et recouverts par un bordé, relié par une cornière façonnée avec le bordé de la coque. Un trou d'homme donne accès de l'intérieur dans le cul-de-lampe.

La même préoccupation a conduit à modifier souvent la forme de la muraille, et à y faire des pans coupés, dans lesquels sont percés des sabords d'angle; cette disposition, adoptée en Angleterre sur l'Hercules, puis en France sur les cuirassés Redoutable, Dévastation et Courbet, paraît actuellement avoir cédé le pas à la tourelle. On la trouve cependant fréquemment employée sur des croiseurs anglais et français, pour les pièces installées sous la teugue et la dunette (*pl.* 275, *fig.* 1391).



La recherche de l'augmentation des secteurs battus a amené sur beaucoup de navires à placer un ou plusieurs canons dans l'axe, ce qui leur permet de tirer des deux bords, à condition que l'on abaisse suffisamment la muraille, en faisant rabattre les pavois, et que l'on élève la pièce en la plaçant sur une plate-forme. L'affût est dans ce cas à pivot central; ses quatre galets roulent sur une même circulaire. La plate-forme, qui doit porter la cheville ouvrière et la circulaire, peut s'exécuter en bois (*pl.* 265, *fig.* 1354-1355); dans ce cas, on la compose d'une couronne circulaire, surélevée, s'il le faut, sur des billots, et des traverses intérieures, assemblées avec elle, supportent à leur croisement la cheville ouvrière. Si on la fait en fer (*pl.* 265, *fig.* 1356-1357), on peut la composer d'un cylindre en tôle du diamètre de la circulaire, bordé de cornières haut et bas, et allégé par des évidements; un cylindre central en fonte porte la cheville ouvrière, et des membrures rayonnantes ou des tirants rendent les deux cylindres solidaires l'un de l'autre.

Dès que le poids du canon a quelque importance, il importe que le plan des circulaires soit bien dressé à l'origine, et reste parfaitement invariable, sans quoi le pointage en direction devient pénible et lent; aussi doit-on renforcer le barrotage au droit des tourelles, en multipliant les barrots, ou en augmentant leur échantillon, et en renforçant l'épontillage, qui doit, autant que possible, porter exactement à l'aplomb des circulaires, toutes les fois que les emménagements de l'entrepont situé au-dessous n'y font pas obstacle.

Tourelles barbettes. — La nécessité de protéger le navire, surtout dans ses parties vitales, machines, chaudières, artillerie, a conduit à concentrer les gros canons tantôt dans des réduits cuirassés, tantôt dans des tourelles placées sur les gaillards. Les tourelles barbettes, généralement préférées en France, sont fixes; les tourelles fermées et mobiles sont plus fréquemment employées en Angleterre.

La tourelle barbette (*pl.* 264, *fig.* 1358) est un simple parapet blindé de forme circulaire ou à peu près, qui s'élève au-dessus du pont, jusqu'au-dessous du corps du canon, et protège par suite sa plate-forme tournante, le châssis et la partie inférieure de l'affût; quant au canon et aux servants, ils ne sont pas défendus, surtout contre la mousqueterie et les pièces légères des hunes; aussi ajoute-t-on généralement aujourd'hui un capot en tôle (*pl.* 266, *fig.* 1359), mobile avec la plate-forme, qui complète assez bien la protection. En revanche, on réduit ainsi considérablement le principal avantage réclamé en faveur des tourelles fixes, la possibilité de découvrir tout l'horizon, et de pointer plus facilement. L'installation des masques en tôle, protégeant le personnel affecté aux pièces des gaillards contre les projectiles, devient d'ailleurs une nécessité, par suite du développement de l'artillerie des hunes, des canons-revolvers et des canons à tir rapide.

Suivant la dimension des bâtiments, et le poids que l'on peut y consacrer, les écrans en tôle d'acier ont les épaisseurs suivantes :

4 à 6 millimètres pour résister aux feux de mousqueterie;

25 à 30 millimètres pour résister aux canons-revolvers de petite dimension jusqu'à 37 millimètres;

75 à 80 millimètres pour résister aux canons à tir rapide et gros canons-revolvers.

Les tôles de 4 à 6 millimètres sont en acier dur, les tôles plus épaisses en acier doux.

Sur les navires en bois munis de ces tourelles, types Océan, Suffren, Alma, les tourelles (*pl.* 264, *fig.* 1358) sont composées de membres verticaux en bois, appuyés sur un cylindre en tôle placé à l'intérieur, et réunis au moyen de bandes de fer horizontales. Par-dessus ce matelas se place la cuirasse, formée de deux virures; la saillie de la tourelle, établie un peu en porte-à-faux, est masquée par un cul-de-lampe.

A l'intérieur, le pont, dressé horizontalement, reçoit la circulaire, sur laquelle courent les galets de la plate-forme; au centre un large trou est garni d'un manchon de bronze, qui sert à la fois d'axe de centrage et de passage pour les munitions. Ces tourelles étant placées à l'aplomb des angles du réduit cuirassé, le transport des munitions se fait par des parties protégées, mais non sans gêner le service des pièces du réduit.

Sur des navires plus récents, type Bayard (*pl.* 266, *fig.* 1359), les tourelles placées dans l'axe sont construites d'une manière analogue; mais elles sont épontillées au moyen de cloisons partielles, renforcées par des barres profilées, qui reportent le poids de la tourelle sur le pont cuirassé. L'entrepont n'étant pas protégé, le passage des projectiles se fait par un conduit cylindrique blindé, formé de tôles superposées et rivées ensemble. Enfin, pour éviter de briser par le souffle des pièces les pavois et les embarcations, on a reconnu la nécessité de placer par le travers des tourelles des glacis, portion en forme de secteur d'un pont, établi au niveau du bord supérieur de la tourelle.

Pour les canons de 34 centimètres et au-dessus, la tourelle (*pl.* 267-268, *fig.* 1360 à 1363) prend des dimensions plus considérables, et sa construction se complique. La partie blindée ne règne qu'au-dessus des gaillards, mais la charpente se prolonge au-dessous, et descend jusqu'au pont blindé, qui est séparé de la tourelle par un ou deux entreponts, et qui est fortement soutenu au moyen d'épontilles, de croix de Saint-André, et des cloisons de la cale.

La charpente de la tourelle est formée de membrures verticales, qui montent du pont blindé au gaillard, et sont recouvertes intérieurement et extérieurement de tôles, quelquefois doublées. L'un des bordés en tôle est continué au-dessus des gaillards, et reçoit l'attache du matelas et de la cuirasse, qui repose soit sur une tôle posée à plat sur les membrures, soit sur des consoles, placées en dehors de l'enveloppe.

Au centre, un cylindre en tôle sert d'axe de rotation; il est relié à la tourelle par des barrots rayonnants, qui viennent s'y rattacher.

Le chargement ne se fait pas par le pivot central; la tourelle est ovalisée d'un côté, et reçoit l'extrémité supérieure d'un tube cuirassé; à l'intérieur de celui-ci, et complètement isolé du premier, afin d'éviter qu'il ne soit faussé par le choc d'un projectile, se trouve un tube en tôle, dans lequel fonctionnent le monte-charge et le refouloir hydrauliques, que l'emploi de la grosse artillerie rend aujourd'hui indispensables.

Manœuvres hydrauliques. — Les plates-formes des canons de gros calibre ne peuvent être manœuvrées à bras avec une rapidité suffisante; on a généralement recours à des appareils à pression d'eau, dont les premiers ont été fournis à la marine française par M. Farcot, et auxquels est appliqué le principe de l'asservissement. Nous décrirons ceux qui sont adoptés pour les canons de 34 centimètres placés dans des tourelles barbettes.

Les appareils hydrauliques nécessaires à la manœuvre et à la charge de chaque canon sont (*pl.* 270, *fig.* 1364) :

1° Deux presses conjuguées, imprimant un mouvement de tire-veille à une chaîne *aa*, qui vient s'enrouler sur une couronne à empreintes de la plate-forme : elles donnent la direction.

2° Une presse verticale *b*, permettant de soulever la pièce, et donnant le pointage en hauteur.

3° Deux presses horizontales *c*, dont les pistons sont invariablement fixés aux sabots de l'affût, et qui servent d'une part à limiter le recul, d'autre part à mettre la pièce en batterie, et enfin à amener l'affût à la position extrême arrière, qui est celle de chargement. Ces deux dernières sont sur la plate-forme même, mobiles avec le canon.



4° Une presse verticale actionnant un monte-charge dissimulé dans le puits de chargement, qui permet de monter à la tourelle le projectile et les deux demi-gargousses de chaque coup.

5° Une presse verticale actionnant un refouloir *d*, système articulé se déplaçant dans un tube situé du côté du monte-charge opposé à la pièce, et permettant de pousser dans le canon le projectile et les gargousses, préalablement amenés par le monte-charge à la hauteur convenable.

6° Une grue hydraulique disposée dans la cale, et allant chercher le projectile et les poudres dans leurs soutes, pour les amener à la partie inférieure du puits du monte-charge.

Le monte-charge et le refouloir possèdent des dispositifs spéciaux, dits *de sécurité*, pour lesquels deux petites presses sont nécessaires ; elles actionnent un verrou et un contre-verrou de sûreté, qui fixent le monte-charge aux diverses hauteurs, auxquelles le refouloir vient agir pour le refoulement du projectile et des deux demi-gargousses.

Appareils de compression. — Le mouvement de tous ces appareils, qui doit pouvoir se faire d'une façon simultanée au moment du combat, nécessite un appareil de compression puissant, et un régulateur de pression de l'eau.

La compression se fait au moyen de trois pompes à double effet, à piston plongeur (*pl.* 269, *fig.* 1365-1366). Elles aspirent l'eau des caisses par un tuyau unique, du côté du piston opposé à la tige ; l'eau est ensuite refoulée, et passe en partie de l'autre côté du piston ; la section de la tige est moitié de celle du plongeur, de sorte que la moitié de l'eau aspirée vient du côté des tiges, et l'autre moitié est dirigée vers les appareils.

Il y a trois pompes, et par suite trois pistons à vapeur calés à 120° l'un de l'autre ; leur mouvement est régularisé par un volant. Le diamètre des pistons à vapeur est de 475 millimètres, et leur course de 600 millimètres ; les pistons des pompes ont un diamètre de 130 millimètres, et leur tige de 92 millimètres.

Les pistons sont réunis par des bielles à un arbre commun, portant les volants ; les manivelles des trois bielles sont calées à 120°, et c'est sur cet arbre que sont fixés les excentriques conduisant les tiroirs de régulation.

Multiplicateur régulateur. — L'eau qui sort de l'appareil de pompage passe, avant de se rendre aux appareils hydrauliques, dans un appareil dit *multiplicateur régulateur* (*pl.* 269, *fig.* 1367-1368).

C'est un cylindre vertical, formant piston plein dans un cylindre de 250 millimètres de diamètre, et recevant la poussée d'un piston à vapeur de 910 millimètres de diamètre. On obtient ainsi sur l'eau une pression de 65 atmosphères ; le mouvement de ce piston est lié à celui de la valve de vapeur de l'appareil de pompage, de telle sorte que lorsque le multiplicateur est au bas de sa course, la valve est ouverte en grand ; au contraire, quand il est au haut de sa course, la valve est presque fermée ; le filet de vapeur qui passe sert à tenir chauds les cylindres à vapeur. On comprend dès lors son rôle comme régulateur ; si un ou plusieurs appareils fonctionnent, le régulateur descend, et la machine active sa marche ; au contraire dès qu'on ne consomme plus d'eau, la machine diminue son allure et stoppe. On ne peut pas donner à cet appareil le nom d'accumulateur, qu'il porte dans les installations hydrauliques à terre : dans ce cas, il a des dimensions beaucoup plus considérables, et peut fournir par lui-même, et pendant un temps appréciable, l'eau sous pression nécessaire à la marche des appareils ; l'encombrement d'un tel appareil a fait renoncer à son emploi à bord, et la quantité d'eau que contient le régulateur est tout à fait insuffisante pour une manœuvre quelconque des pièces.

Passons maintenant aux appareils qui utilisent la force motrice de cette eau comprimée, et produisent le mouvement de la pièce et des projectiles.

Appareil de pointage en direction. — La plate-forme, qui porte le canon et son affût (*pl.* 270, *fig.* 1364), est mobile autour d'un axe vertical, et sa rotation est facilitée par une couronne de galets *e*, maintenus par des couronnes métalliques à une distance invariable de l'axe, comme dans les plaques tournantes pour wagons de chemin de fer. Cette plate-forme est composée de tôles et de cornières. Le mouvement de rotation lui est communiqué de la manière suivante.

Deux presses (*pl.* 270, *fig.* 1369-1370), placées dans la cale du bâtiment, dont les cylindres et les pistons sont munis chacun d'un certain nombre de réas, agissent comme palans sur les deux extrémités d'une chaîne *a* (*pl.* 270, *fig.* 1364), dont les dormants se font d'ailleurs dans leur voisinage, et qui passe sur une couronne à empreintes autour de la plate-forme; ces deux presses doivent agir isolément et successivement, quand on fait tourner la pièce dans un sens puis dans l'autre; de sorte que quand le piston de l'une se lève, celui de l'autre descend.

Les tiroirs, qui leur distribuent l'eau sous pression, devront donc être disposés de telle sorte, que l'un étant à l'admission, celui de l'autre presse soit à l'évacuation; pour cela ils sont commandés par une chaîne unique. Cette chaîne *f f* subit des renvois de mouvement convenables, et vient faire un tour sur une couronne à empreintes en bronze *g*, placée autour de la base de la plate-forme, mais qui n'est pas solidaire de son mouvement. Elle porte à cet effet sur de petits galets en bronze, qui la tiennent dessous et par côté, et adoucissent les frottements, et elle est munie d'une couronne de dents, engrenant avec un pignon denté d'un arbre de commande *h*, qui est entraîné par la plate-forme.

Supposons la plate-forme au repos, c'est-à-dire les tiroirs des deux presses fermés; si on tourne l'arbre de commande d'un certain angle, la couronne dentée tourne autour de la plate-forme fixe, et ouvre l'un des tiroirs à l'eau sous pression, l'autre à l'évacuation, faisant ainsi fonctionner les presses, et tourner la plate-forme dans un certain sens; mais par le mouvement même de la plate-forme, si l'on a maintenu fixe le pignon de commande, la couronne va se trouver également en mouvement, et par suite aura, par rapport aux tiroirs restés fixes, un mouvement relatif, qui les fera refermer; il faudra donc, pour continuer le mouvement, continuer la rotation du volant dans le même sens, ce qui revient à dire que la plate-forme est asservie; elle tourne tant que l'on manœuvre le volant de commande, et s'arrête en même temps que lui, sauf le retard donné par le mou des transmissions, et le faible recouvrement du tiroir.

Du reste, au cas où l'appareil de pointage en direction viendrait à subir une avarie, une couronne dentée, placée sous la plate-forme, permet de la mettre en mouvement au moyen d'un pignon manœuvrable par un volant situé dans la batterie; ce volant devra être mis en place et claveté avant le combat.

Appareil de pointage en hauteur. — Le pointage en hauteur est obtenu au moyen d'une presse verticale *b* (*pl.* 270, *fig.* 1364-1371), située au centre même de la plate-forme, et mobile avec elle. Pour ce pointage, comme pour la mise en batterie, les presses étant forcément mobiles avec la plate-forme, il est nécessaire de faire arriver l'eau, et de la faire évacuer par un tuyautage qui reste en communication constante avec les appareils, malgré la rotation de la plate-forme.

Pour cela, on a disposé au centre même de la tourelle, et au-dessous de la presse de pointage en hauteur, un tube à lanterne *i* (*pl.* 270, *fig.* 1372), divisé en deux parties dans le sens de la hauteur, et entouré d'un manchon annulaire également divisé en deux parties, lequel devra rester fixe, et glisser autour du premier; ses compartiments communiquent avec les tuyaux fixes d'arrivée d'eau

sous pression et d'évacuation aux caisses; des tuyaux convenablement disposés partent de la partie centrale, et communiquent avec les appareils mobiles. L'inclinaison de la pièce se produira (*pl.* 270, *fig.* 1364) en faisant tourner autour d'un axe horizontal j les glissières sur lesquelles portent les sabots de l'affût; cette charnière est placée à leur extrémité avant près de la volée, et le soulèvement est produit par la presse centrale.

Le tiroir qui commande cette presse est situé près du volant de commande de l'orientation, et se manœuvre par un levier montant au-dessus de la plate-forme; c'est également en ce point que se trouve le levier qui commande la mise en batterie, de façon que les trois mouvements puissent être facilement exécutés par le même homme, suivant les indications du chef de pièce placé derrière la culasse.

Appareil de recul et de mise en batterie. — Aux entretoises de l'affût (*pl.* 270, *fig.* 1364) sont fixées les tiges de deux presses c, symétriques par rapport à l'axe du canon, dont les cylindres sont fixés invariablement sur la plate-forme. Lorsque la pièce est en batterie, elle se trouve aussi en avant que possible, et la tige est en grande partie sortie de la presse; on a donc dû y envoyer, pour mettre le canon en batterie, une certaine quantité d'eau; au moment du recul, cette eau fait frein sur le piston, et doit passer du côté opposé, en franchissant des soupapes chargées au moyen de ressorts; c'est un effort à vaincre qui modère le recul.

Le tiroir de ces presses est également entraîné avec la tour, et se manœuvre du même poste que le tiroir de pointage en direction, et celui de pointage en hauteur; ces deux tiroirs sont des tiroirs simples, leurs presses étant à simple effet, tandis que pour la mise en batterie le tiroir doit être double. En effet, on devra pouvoir provoquer le mouvement dans les deux sens : en avant, pour mettre en batterie, en arrière, pour amener la pièce à bloc à sa position de chargement,

Un tuyau latéral au cylindre de la presse est muni d'un robinet, et permet d'isoler ou de mettre en communication les deux faces du piston.

Pour le cas où au moment du combat les appareils hydrauliques ne pourraient fonctionner, on a installé une pompe à bras, qui se manœuvrerait par un volant du haut de la plate-forme, et permettrait de faire marcher les trois appareils précédents, qui sont absolument essentiels pour le tir.

Appareils de manœuvre des projectiles. Monte-charge. — Le monte-charge est une caisse de bronze (*pl.* 271, *fig.* 1373) de forme assez compliquée, guidée dans son ascension par deux glissières R (*pl.* 271, *fig.* 1374); elle porte trois logements cylindriques, dont les axes s_1, s_2, s_3, sont inclinés sur l'horizon de la même quantité que la pièce placée en position de chargement. Le monte-charge devra s'arrêter trois fois dans son mouvement ascendant; et alors l'axe des logements doit se trouver exactement dans le prolongement de l'axe du canon; pour remplir l'intervalle qui sépare alors le projectile de la culasse, et d'autre part pour empêcher que le frottement du projectile, poussé par le refouloir, ne vienne dégrader les filets de vis de la culasse, on interpose une *lunette* ou cylindre en bronze, que le monte-charge amène lui-même à la partie supérieure, en montant dans le puits de chargement. Cette lunette se met en place dès qu'elle est arrivée à la hauteur convenable; elle disparaît au contraire, entraînée par le monte-charge, lorsque le projectile et les gargousses ont été placés dans le canon, et que le monte-charge redescend à fond de cale.

Refouloir. — Chaque fois que l'une des parties de la gargousse ou le projectile arrive en position convenable, le monte-charge se stoppe, et l'on fait manœuvrer par des mécanismes que

nous décrirons plus loin une sorte de piston flexible ou *refouloir*, qui repousse l'obus et les gargousses dans le canon.

Ce refouloir *d* (*pl.* 270, *fig.* 1364) est une sorte de chaîne articulée, se mouvant dans un tube vertical, recourbé à sa partie supérieure de façon à venir dans le prolongement de la pièce; des galets fixés sur les tiges roulent dans le tube, et forcent le système à en décrire l'axe; enfin, à son extrémité supérieure, il est terminé par un plateau en bronze, sorte de piston, qui pousse le projectile et les gargousses par le fond. Il est manœuvré par une chaîne, qui part d'une presse, passe sur les poulies *t* et *y* au bas du puits, monte faire retour sur la poulie *z* et redescend faire dormant en *o* sur le refouloir.

La chaîne du monte-charge vient passer sur les poulies *u v x*, au bas du puits, puis sur une poulie *w*, tout en haut, et enfin redescend se fixer au monte-charge, qu'elle tire vers le haut. Le monte-charge et le refouloir redescendent par leur propre poids. Les presses qui actionnent le monte-charge et le refouloir sont semblables à celles du pointage en direction, mais de dimensions plus petites; elles ne sont pas placées au dessous du puits de chargement, dont elles gêneraient l'accès pour disposer les projectiles dans le monte-charge. Leurs tiroirs sont également à fond de cale, mais ils sont manœuvrés du pont, comme nous allons le voir.

Énonçons d'abord les conditions auxquelles doit satisfaire le mouvement des deux appareils :

1° Impossibilité de les mettre en mouvement, avant que le canon ne soit exactement dans sa position de chargement.

2° Tant que la charge n'a pas été placée tout entière dans le canon, impossibilité de faire tourner la plate-forme.

3° Stoppage du monte-charge aux positions suivantes :

Position de mise en place de la lunette;

Position de chargement de l'obus;

Position de chargement de chacune des deux gargousses;

Position de reprise de la lunette.

4° Impossibilité de mettre en mouvement le refouloir, tant que le monte-charge n'est pas arrêté à l'une des trois positions de chargement.

5° Mise en liberté des organes de mouvement du refouloir lorsque le monte-charge est aux points convenables.

6° Impossibilité de mettre en mouvement le monte-charge, tant que le refouloir fonctionne.

7° Donner au refouloir une course variable, et telle qu'il pousse d'abord le projectile jusqu'au fond du logement de la pièce, et que, pour les gargousses, il ne les enfonce que d'une quantité moindre, sans les écraser contre le projectile.

8° Mise en liberté du mouvement de la plate-forme, dès que le monte-charge est suffisamment redescendu dans le puits.

Voici les dispositifs employés pour atteindre ce but multiple.

Les deux tiroirs sont commandés par un même volant, qui vient engrener par un pignon denté, soit avec un secteur communiquant le mouvement à la bielle du tiroir du monte-charge, soit avec un autre secteur, disposé de l'autre côté et dans un autre plan, et qui vient agir sur le tiroir du refouloir; on fait engrener avec l'un ou l'autre secteur, selon que l'on pousse ou que l'on tire à soi le volant de manœuvre; le sens dans lequel il faut tourner, pour ouvrir ou fermer les tiroirs, est d'ailleurs marqué sur un cadran placé derrière le volant, et afin que ce sens soit le même pour les deux secteurs, il faut que l'un soit denté intérieurement et l'autre extérieurement, puisqu'ils sont disposés de part et d'autre du pignon de commande.



Les leviers ainsi déplacés se voient sur le croquis donnant la coupe du mécanisme (*pl.* 271, *fig.* 1374) : A est celui du monte-charge, B celui du refouloir. Le mouvement est communiqué aux tiroirs par une bielle G, suivie d'une chaîne G_1, pour le monte-charge, et par une bielle H pour le refouloir.

La bielle G sert à commander le levier F, qui pousse le verrou E dans une encoche ménagée dans le contour de la plate-forme ; c'est ce verrou qui maintient la tourelle fixe, tant que dure le chargement, et on voit qu'il est mis en prise dès qu'on commence à actionner le monte-charge. Il ne peut d'ailleurs pénétrer dans son logement, que si le canon a été placé sous l'inclinaison convenable pour le chargement, grâce à une combinaison de leviers et de verrous, qui s'opposent à tout mouvement de E, tant qu'ils n'ont pas été placés dans la position convenable par le bras de pointage.

La plate-forme étant fixée, et le monte-charge en train de monter par le jeu du levier A, il faudra l'arrêter aux positions de mise en place de la lunette, et de chargement de l'obus et des gargousses; cette action est opérée par un verrou C, manœuvré par un galet O, qui roule le long de rainures directrices, pratiquées sur une des faces du monte-charge ; quand il sera repoussé vers la droite par ces rainures, il viendra buter contre les fonds 1, 2, 3 des rainures, et le monte-charge s'arrêtera ; mais, pour diminuer la violence du choc, qui se produirait par un arrêt brusque, le galet agit par un prolongement *m* de son axe, sur une sorte de came du levier A de manœuvre du tiroir; et les choses sont tellement disposées que le tiroir est presque fermé, quand le monte-charge est arrêté dans sa course ; une légère admission est réservée pour que le monte-charge tende toujours à s'élever ; il n'est mis en liberté que lorsqu'un contre-verrou D, placé derrière le verrou C, permet à celui-ci de se dégager, et de céder à l'action d'une petite presse hydraulique, qui le sollicite toujours dans le sens de la flèche *c ;* le contre-verrou, au contraire, est toujours sollicité par une autre presse hydraulique dans le sens de la flèche *d*, et ne dégagerait pas le verrou, si le refouloir, en descendant, n'entraînait pas une bielle J, qui, par un levier à trois branches K, vient buter contre un taquet *b* du contre-verrou, et force le contre-verrou à descendre.

Après cette description succincte du mécanisme, donnons en détail les mouvements des leviers.

1° On agit sur le levier A ; le verrou E fixe la plate-forme, et le monte-charge s'élève. A ce moment le contre-verrou est au-dessous du verrou, et son butoir *a* vient appuyer sur le levier B de manœuvre du refouloir, et l'empêche absolument de s'ouvrir.

A un moment donné, la première portion de directrice vient repousser le galet O ; celui-ci, par l'action de *m* sur la came de A, ferme en partie le tiroir du monte-charge, et ce dernier se ralentit considérablement ; on profite de ce moment pour basculer la lunette de chargement, qui est simplement posée sur le monte-charge ; on la met en place, et le monte-charge continue à monter.

Il faut remarquer que lorsque le galet est arrivé au point *o*, le contre-verrou vient se placer derrière le verrou, et empêche celui-ci de revenir vers la gauche. L'ascension continue jusqu'à ce que le galet soit arrivé dans la position 1, à laquelle le tiroir est presque fermé ; à ce point il y a arrêt, et de plus les deux bras du levier A se trouvent pris par les butoirs *l* et *m*, de telle façon qu'il est impossible de manœuvrer le monte-charge.

2° A ce moment on agit sur le refouloir au moyen de B et de H.

Le refouloir monte, et dès le commencement de son ascension, son taquet *i* rencontre le levier L, qui, soulevant la bielle J, et par suite le levier à trois branches K, vient coincer la bielle de commande B contre le butoir *a*, en position telle, qu'il est impossible de fermer le refouloir. D'autre part le butoir *e* de J est venu se placer tout contre le levier M, de sorte que lorsque le

taquet *i* vient rencontrer la branche gauche de M, ce levier bascule, et fait descendre la bielle J; le levier à trois branches K revient buter sur *b* du contre-verrou, et l'entraîne dans sa descente; mais alors le butoir *a* entraîne le levier B, et ferme le tiroir du refouloir.

En même temps, D s'étant abaissé, le verrou C cède à l'action de la presse hydraulique, qui le sollicite vers la gauche, la forme de la rainure du monte-charge se prêtant à ce déplacement, et le monte-charge recommence à monter. Comme précédemment, il empêche toute action du refouloir, et ne s'arrête que quand le galet O est venu au point 2 de la directrice.

La même série de mouvements se répète trois fois; il n'y a de différence que pour le refouloir.

Celui-ci ne doit avancer que d'une quantité moindre, puisque le projectile est en place après sa première montée, sans quoi il écraserait les gargousses contre l'obus. Pour obtenir ce résultat, le monte-charge porte un butoir, qui soulève le levier P, après le chargement du projectile; par l'intermédiaire de la chaîne Q, le levier N est déplacé, et vient se mettre sur le trajet du taquet *i* du refouloir. Ce n'est donc plus lorsque *i* sera arrivé à la hauteur de M, mais à celle de N, que la bielle J sera tirée vers le bas; le stoppage du refouloir se fera donc plus tôt. Pour les deux gargousses, le refouloir monte de la même quantité; son piston avance dans le canon jusqu'à l'extrémité des filets de vis de culasse; la première gargousse est donc d'abord amenée à la position que doit occuper la seconde dans la pièce; puis au troisième coup de refouloir, la seconde gargousse repousse la première, et tout est en place pour le tir; il ne s'agit plus que de retirer la lunette, et de fermer la culasse.

3° Le retrait de la lunette est opéré d'une façon automatique par le monte-charge. Quand elle est à sa position dans le canon, elle est continuellement sollicitée à en sortir, par un levier à contre-poids, qui sert à la tenir sur la traverse du monte-charge.

Quand le monte-charge, en descendant, est arrivé en position convenable pour la reprendre, le galet O est revenu au point *o* de la directrice supérieure, après avoir passé derrière les sinuosités de la directrice T; le tiroir du monte-charge se ferme presque complètement, et il se produit un temps d'arrêt, pendant lequel la lunette, n'étant plus retenue par le rebord de droite du monte-charge, cède à l'action du levier à contre-poids, et vient d'elle-même se placer sur le monte-charge, avec lequel elle redescend dans le puits de chargement.

C'est alors que l'on déclanche le verrou E de la plate-forme, et que l'on fait revenir la pièce en batterie pour le tir.

Chargement central. — Les dispositions indiquées précédemment nécessitent que le canon soit après chaque coup ramené dans la position de chargement. En vue d'éviter cette perte de temps, divers systèmes, qui n'ont pas encore subi l'épreuve de la pratique, ont été imaginés. Pour y arriver, on installe le monte-charge dans l'axe de la tourelle (*pl.* 245, *fig.* 1278); afin que les projectiles se présentent toujours dans la direction convenable, la plate-forme posée sur le monte-charge est conduite par des guides fixés dans un tube creux entraîné dans le mouvement de rotation de la plate-forme. En même temps qu'ils orientent la charge, ces guides l'inclinent, et la font reculer de manière à parer la culasse, qui ne démasquerait pas suffisamment le trou central.

Tourelles tournantes. — Les tourelles mobiles ont l'avantage d'abriter complètement la pièce, son mécanisme et les servants; en revanche elles sont lourdes, et nécessitent de puissants engins de rotation.

Les premières de ces tourelles (*pl.* 273, *fig.* 1375), installées sur les cuirassés américains de la guerre de Sécession par l'ingénieur Ericsson, avaient généralement un blindage composé



de tôles superposées; elles étaient portées sur un axe vertical en fer, auquel elles étaient réunies par des tirants obliques, passant entre les deux canons qu'elles contenaient généralement. L'axe en fer pivotait dans une crapaudine placée dans les fonds; en temps ordinaire la tourelle reposait par toute sa base sur le pont des gaillards, sans charger son axe, et le frottement ne lui permettait pas de tourner. Quand on voulait la rendre mobile, on agissait sur une longue clavette, qui soulevait le pied de l'axe central, et dès lors le mouvement de rotation pouvait se produire, par l'action sur l'axe de pignons et de roues d'angle. Un abri blindé, placé au-dessus de la tourelle, recevait la roue du gouvernail; il était percé de petites meurtrières, permettant de voir d'une façon très incomplète l'extérieur. Les sabords de ces tours étaient fermés par un mantelet en fer forgé ayant la forme d'une manivelle, dont les extrémités pivotaient dans des encastrements pratiqués dans le plancher et le plafond de la tourelle.

Le choc d'un gros projectile risquait fort de fausser l'axe, et de mettre la tourelle hors d'état de servir; on redoutait surtout les coups qui seraient venus frapper la tourelle à sa jonction avec le pont. Pour parer à ce danger, on plaçait le plus souvent sur le pont, à la base de la tourelle, un glacis, ou garniture conique en fer forgé, qui recouvrait le vide laissé entre le pont et la tourelle.

En France, les tourelles mobiles et fermées ont été d'abord peu en faveur, tant à cause de la difficulté du pointage, que de la nécessité de ramener la tourelle dans une orientation déterminée, pour pouvoir effectuer le chargement, et surtout de la difficulté de protéger efficacement le mécanisme de rotation. Les cuirassés du type Cerbère (*pl.* 266, *fig.* 1376) ont cependant reçu une tourelle mobile; le canon étant placé plus haut que le pont principal, au sommet de la carapace en tôle, qui forme les œuvres mortes, la tourelle a été divisée en deux parties; un anneau inférieur est formé de deux plans de bois, l'un horizontal, l'autre vertical, que recouvrent des plaques de cuirasse; il est fixé sur le pont, et porte à sa partie supérieure la circulaire des galets; un anneau supérieur, d'un diamètre plus considérable, fermé en haut et en bas par des planchers, déborde sur le premier, et le recouvre de manière à protéger la couronne de galets; un manchon creux central sert à la fois d'axe de rotation et de passage. Les galets sont placés entre deux circulaires, fixées l'une sur l'anneau inférieur, l'autre sous le plancher. Un mécanisme d'engrenages sert à manœuvrer à bras la tourelle, qui peut aussi être actionnée par un servo-moteur.

Sur les navires plus récents, Tonnerre et Tempête en France, Glatton, Devastation et Inflexible en Angleterre, les tourelles ont été abritées à leur base par une muraille cuirassée s'élevant au-dessus du pont blindé, souvent en retrait sur la cuirasse des flancs, jusqu'à la hauteur convenable pour protéger tous les mécanismes. Ce parapet avait en outre l'avantage de défendre la base de la cheminée, et les panneaux indispensables à l'aération, percés dans le pont cuirassé.

Les figures 1377-1378 (*pl.* 273) (1) indiquent la coupe d'une tourelle du cuirassé anglais le Thunderer; l'anneau blindé s'arrête au-dessous du pont supérieur, et la charpente métallique descend jusqu'à un second pont garni d'une circulaire à galets; un manchon central sert d'axe de rotation.

On remarquera le système adopté pour le chargement; les pièces anglaises se chargeant jusqu'à ces dernières années par la bouche, on a dû percer dans la tourelle une ouverture latérale, porter la pièce au pointage négatif maximum, monter la charge et le projectile au moyen d'un élévateur hydraulique, et refouler l'une et l'autre au moyen d'un refouloir oblique.

Ce mode de chargement, assez peu commode pour les canons courts, alors en usage, est devenu impraticable pour les grandes longueurs d'âme, auxquelles une meilleure utilisation des poudres lentes a conduit depuis.

(1) Extraites de *The British Navy*, par Sir Thomas Brassey, et de l'*Engineer*.

La disposition de la tourelle de l'Inflexible (*pl.* 266, *fig.* 1379) (1), analogue à la précédente, est encore plus défectueuse ; la longueur du canon ne permet plus de le rentrer complètement ; on a dû abaisser le seuillet du sabord, et surélever le glacis au point de chargement.

Dans les tourelles françaises des cuirassés Tempête, Tonnerre (*pl.* 272, *fig.* 1380), le chargement par la culasse a permis de faire passer les poudres et les projectiles par l'intérieur de la tourelle. Elle repose sur le pont principal, et sa base est protégée par le parapet cuirassé ; au centre, un tube fixe en tôle contient une échelle tournante, et reçoit dans l'axe une chaîne, qui, après avoir fait deux retours sur des poulies fixées à la toiture de la tourelle, redescend pour prendre les charges ; celles-ci traversent le pont et la plate-forme dans deux trous légèrement excentrés, qu'il faut mettre en coïncidence.

Au sommet du tube central se trouve une plate-forme, qui porte le manipulateur du gouvernail, et sert de poste au commandant ; il est protégé par un plafond en tôle, et par un anneau cuirassé, fixé sur le plafond de la tourelle.

Artillerie légère. — L'artillerie légère, et en particulier les canons Hotchkiss, qui la composent presque uniquement aujourd'hui, a deux rôles principaux à remplir : au mouillage, protéger le navire contre les attaques des embarcations armées de torpilles ou des torpilleurs ; dans le combat, faire pleuvoir sur les ponts de l'ennemi une grêle meurtrière.

L'axe du canon-revolver (*pl.* 274, *fig.* 1381-1382) pivote dans une crapaudine, que l'on fixe au sommet d'un support vertical de hauteur convenable, pour que le pointeur puisse facilement porter la crosse à l'épaule, et donner un tir négatif considérable. Quelquefois le canon-revolver est installé sur la muraille elle-même, et si elle est trop élevée, on ajoute, comme sur la Dévastation, une plate-forme mobile, sur laquelle se place le pointeur. Souvent aussi le canon est porté par un support fait tantôt d'une pièce de bois verticale, fixée à son pied par des équerres, tantôt d'un tube en tôle de forme conique ; tantôt enfin c'est une sorte de piédestal en bronze boulonné à sa base. Une petite potence en fer doit pouvoir être installée dans une douille latérale, pour le démontage.

Pour le rôle défensif que ces canons ont à remplir, il est important que leur position soit étudiée pour protéger efficacement toutes les parties du navire. On en établira généralement deux sur l'avant, deux sur l'arrière pour défendre les extrémités ; on en placera d'autres croisant leurs feux avec les premiers, sur des plates-formes extérieures, telles que celles des coupées, afin de flanquer les côtés, et de pouvoir tirer parallèlement à la muraille sur une embarcation près de l'atteindre.

Pour le combat, on place deux canons-revolvers dans la grand'hune, et deux dans la hune de misaine (*pl.* 274, *fig.* 1383-1384), et on les protège au moyen d'écrans en tôle. Sur les cuirassés sans mâture, ou à mâture très réduite, le rôle principal des mâts est de servir de support à l'artillerie ; pour en faciliter l'installation (*pl.* 293, *fig.* 1481), on fait des hunes circulaires en tôle, auxquelles on accède par une échelle intérieure au mât ; on les entoure d'un parapet en tôle, et quelquefois même on les recouvre d'un chapeau, qui forme une seconde hune armée de mousqueterie.

Abris blindés pour le commandant. — Les abris blindés, destinés à protéger le commandant, le manipulateur et les organes de transmission d'ordres, tantôt en faveur, tantôt décriés, ont été l'objet de nombreuses discussions. On a fait observer que dans les combats de courte durée, qui auront lieu le plus souvent, la transmission du commandement, si rapide qu'elle soit, sera une funeste éventualité, et qu'on ne saurait trop s'en garantir ; d'autres ont soutenu que l'abri, quel qu'il soit, gêne le coup d'œil, et empêche la vue d'ensemble du champ de bataille ; enfin quelques-uns

(1) Extraite de l'ouvrage de Sir Thomas Brassey.



pensent que l'abri sera un point de mire, sur lequel l'ennemi concentrera ses coups. Quoi qu'il en soit, nous décrirons les principales dispositions adoptées.

Blockhaus. — Sur les premières frégates cuirassées (*pl.* 275, *fig.* 1385), on avait installé au milieu du pont des gaillards un blockhaus à deux étages, recouvert par un chapeau en tôle formant plate-forme. A l'étage inférieur, on plaçait la roue de combat; l'étage supérieur n'était séparé du premier que par des caillebotis, et le commandant, qui s'y trouvait placé, pouvait commander la barre à la voix. Il avait devant lui les porte-voix, et découvrait l'extérieur par un vide laissé entre le bord supérieur du blockhaus et la plate-forme supérieure.

Ces blockhaus étaient extrêmement lourds; aussi les a-t-on débarqués de plusieurs des frégates cuirassées, qui en avaient été primitivement munies. Nous rappellerons encore la disposition des abris blindés placés sur des tourelles, tels que ceux des monitors et du Tonnerre.

Abris en croix. — Une autre disposition, adoptée à bord de l'Inflexible (*pl.* 273, *fig.* 1386-1387), consiste à protéger le commandant au moyen de deux plaques de blindage à angle droit, formant une croix recouverte par un chapeau en tôle. Le commandant peut se transporter dans les quatre angles ainsi formés, suivant le côté d'où viennent les projectiles; dans chacun d'eux se trouvent les manipulateurs des porteurs d'ordres; mais comme le côté dangereux est celui qu'il serait le plus nécessaire de découvrir, on voit que la protection n'est obtenue qu'en sacrifiant le but principal, qui est la vue de l'ennemi à combattre.

Abris à faible blindage. — Sans des dimensions et un poids excessifs, il serait à peu près impossible de constituer des abris à l'épreuve des gros projectiles; aussi se borne-t-on aujourd'hui à les rendre capables de résister aux projectiles légers, et en particulier aux projectiles des canons revolvers, qui tomberaient des hunes ennemies sur les gaillards. L'abri de la Dévastation (*pl.* 276, *fig.* 1388 à 1390), que nous prendrons comme exemple, est placé sur la passerelle à l'avant des cheminées; c'est une cabine à angles arrondis, de $2^m,50$ sur 3 mètres, formée de deux tôles de 15 millimètres superposées. La muraille ne monte qu'à $1^m,65$ au-dessus du pont, et l'intervalle qui la sépare du chapeau en tôle est suffisant pour bien découvrir l'horizon. Le manipulateur du gouvernail, le transmetteur d'ordres de la machine et les porte-voix y sont contenus.

On accède dans l'abri au moyen d'une échelle partant de la batterie, et protégée entre le gaillard et la passerelle par un tube en tôle de 1 mètre de diamètre, formé de deux tôles de 15 millimètres superposées.

Les croiseurs anglais (*pl.* 275, *fig.* 1391-1392) sont le plus souvent munis de deux petites guérites en tôle, placées de chaque bord à l'avant de la dunette, percées de meurtrières et renfermant les porte-voix et porteurs d'ordres. Nous donnons la disposition de ceux du Leander.

Torpilles automobiles. — Les torpilles automobiles, qui font partie de l'armement de la plupart de nos navires de combat, sont lancées par des affûts (*pl.* 276, *fig.* 1393-1394-1395) placés à peu de distance au-dessus de l'eau, et pointés par des sabords, qu'il est d'autant plus nécessaire de fermer hermétiquement, que les torpilles ne peuvent être lancées que d'une très faible hauteur, deux à trois mètres au maximum, et que leur position aux extrémités du navire les expose particulièrement à être envahis par les lames. La torpille est placée dans un tube monté sur un affût à cheville ouvrière; elle est projetée hors du tube, actuellement par l'explosion d'une faible charge de poudre, autrefois par une poussée d'air comprimé.

Les tubes de ces affûts ayant l'inconvénient de ne pas guider la torpille sur toute sa longueur, jusqu'au moment où elle tombe à l'eau, on tend à leur substituer des tubes à *cuillers*, dont la

partie supérieure se prolonge au delà de la muraille, et porte une rainure, dans laquelle coulisse un guide en forme de T, qui dirige la torpille, jusqu'au moment où sa queue, complètement sortie du tube, ne risque plus d'être faussée. Ces tubes ont d'ailleurs l'inconvénient sérieux de faire saillie sur la coque, et d'être exposés à des avaries.

Torpilles remorquées (1). — Les torpilles remorquées sont placées sur le flanc du navire, dans une position inclinée, sur un support en fer à charnières, analogue aux arcs-boutants des ancres de veille (*pl.* 277, *fig.* 1396), qui, en se rabattant, laisse tomber la torpille dans une direction favorable à la dérive, qui doit l'éloigner du bord. Ces supports doivent être placés à proximité d'un portemanteau d'embarcation, ou d'une petite grue spéciale, permettant la mise en place facile des flotteurs; leur poste doit être assez élevé pour qu'ils soient à l'abri des coups de mer en temps ordinaire, et que les torpilles puissent cependant être mouillées sans choc trop considérable; ils seront peu saillants à l'extérieur, et le plus de l'arrière possible, sans cependant qu'on puisse craindre de voir le flotteur en tombant s'engager dans le propulseur. La tête de la torpille doit être à la hauteur du plat-bord, ou d'un sabord non armé, afin que le chargement puisse se faire facilement. La remorque conductrice va passer sur une poulie à large réa, fixée par une estrope mobile, soit à la vergue de misaine, soit à un autre point fixe assez élevé, le plus en dedans et le plus de l'avant que l'on pourra. La remorque rentre à bord, guidée convenablement par d'autres poulies de retour, de façon à se présenter à peu près normalement à l'axe du treuil, et dans une direction qui tende à l'appuyer sur sa base.

Les treuils doivent être placés, autant que possible, à l'abri des projectiles, leur axe dirigé dans le sens de la largeur du bâtiment; il sera bon que l'homme qui manœuvre le frein puisse suivre de l'œil la torpille, et il est indispensable qu'il puisse recevoir facilement l'ordre de filer ou de stopper.

Poste d'inflammation. — Les torpilles remorquées nécessitent un poste d'inflammation, que l'on place au-dessous de la flottaison, dans un entrepont aéré, non exposé aux projectiles ennemis. Ce poste (*pl.* 278, *fig.* 1397-1398), qui sert en même temps de lieu de manipulation des explosifs employés dans les torpilles, doit être éclairé par l'extérieur, comme le sont les soutes à poudres, et communiquer par un porte-voix avec le poste de combat du commandant. Il renferme les carcasses des torpilles, l'outillage nécessaire à leur montage, et enfin une table, qui porte les piles et les commutateurs.

Sur cette table, dite *table de manipulation*, se trouvent fixées des bandelettes de cuivre de 5 à 8 millimètres sur 30 à 40 millimètres, mettant en communication, au moyen de bouchons amovibles, chacune des torpilles soit avec la pile, soit avec un appareil d'essai astatique, et une bobine de résistance de 500 mètres, placés également sur la table. Une bande de cuivre part de la table, est fixée le long du vaigrage, va rejoindre à tribord et à bâbord les prises d'eau les plus voisines parmi celles qui sont constamment immergées, et est brasée sur elles; au moyen de deux bornes, elle met en communication avec la terre la pile ou l'appareil d'essai.

Il est avantageux, pour éviter des erreurs dans l'exécution des ordres, que la table de manipulation soit appuyée contre la cloison avant du poste.

La pile est mise en relation avec la terre par la bande de cuivre; la torpille peut être mise

(1) Quoique une décision récente (circulaire du 11 mars 1886) ait supprimé les torpilles remorquées dans notre marine, nous avons cru devoir donner quelques détails sur les installations que cette arme nécessitait.



dans le circuit, soit par la table de disjonction placée à la disposition du commandant, soit, si les circuits dépendant de cette table sont avariés, directement du poste d'inflammation. L'appareil d'essai peut être réuni de même aux différents circuits.

Conducteurs. — Les conducteurs placés à l'abri de la cuirasse ou au-dessous de la flottaison sont des câbles armés, d'une seule pièce ou formés de tronçons; ils sont protégés par des listeaux en bois.

Au-dessus de la flottaison ou de la cuirasse, les conducteurs sont formés de tronçons de câbles, disposés à découvert, de manière à pouvoir être facilement changés en cas d'avarie; ils sont fixés au vaigrage, aux cloisons et aux barrots par des crampes. Les plaques de jonction doivent être placées à l'abri de la cuirasse, ou au-dessous de la flottaison; les parcours doivent être étudiés de manière à éloigner l'un de l'autre les conducteurs, surtout ceux qui se suppléent. A la rencontre des cloisons étanches, on fait passer le câble dans une rondelle en caoutchouc, comprimée entre la cloison et une rondelle en tôle fixée par des vis.

Treuils. — Les remorques conductrices sont enroulées sur un treuil à déroulement automatique répondant aux conditions suivantes. Quand la traction est inférieure à 300 kilogrammes, le déroulement est impossible; de 300 à 800 kilogrammes, le déroulement commence, et est d'autant plus rapide que la traction est plus forte; au delà de 800 kilogrammes, le déroulement est libre, et peut atteindre 10 mètres par seconde. La vitesse de déroulement est modérée à volonté par un frein, même au delà de 1000 kilogrammes, de même qu'elle peut être provoquée au-dessous de 300 kilogrammes de traction. Quatre hommes peuvent enrouler la remorque subissant une traction de 1000 kilogrammes avec une vitesse de 3 mètres par minute; ils agissent sur des manivelles, que l'on abandonne à elles-mêmes dans les manœuvres, sans avoir à craindre de mouvement de retour.

L'arbre du treuil porte (*pl.* 277, *fig.* 1399-1400) une grande roue dentée C, et un manchon immobilisé dans le sens du déroulement par une roue à rochet D et un cliquet E. Ce manchon est rendu solidaire, par un taquet G (*pl.* 277, *fig.* 1401), d'un ressort circulaire H, qui frotte à l'intérieur du tambour Y, sur lequel s'enroule la remorque. Ce ressort peut être bandé par une chaîne Galle, qui en rapproche les deux extrémités, et qui, après plusieurs retours, passe dans un arbre creux intérieur et concentrique à celui du treuil.

L'arbre à manivelles peut actionner par deux pignons, et en coulissant dans ses paliers, tantôt la roue C solidaire de l'arbre, tantôt la roue X solidaire du tambour. Une roue à rochet Z immobilise les manivelles pendant les manœuvres.

Le déroulement ne peut donc se faire qu'autant que le ressort H est bandé volontairement par le torpilleur, ou automatiquement par la remorque. Il suffit pour cela que l'arbre intérieur J soit tiré hors du treuil par une fourchette K, que l'on peut mouvoir à la main par un levier M. Pour obtenir le déroulement automatique, on fait passer la remorque venant du dessus du tambour sur un galet Q mobile (*pl.* 277, *fig.* 1402), et sous un galet R fixe; le galet Q peut pivoter autour de P, en soulevant un contre-poids S, sous l'action de la tension de la remorque, soulever un doigt N solidaire de la fourchette K, et faire ainsi sortir l'arbre J.

Pour enrouler la remorque non tendue, on agit avec les manivelles sur la roue C calée sur l'arbre; si l'effort est considérable, on fait engrener V avec X, et on agit directement sur le tambour. Dans ce cas, le déroulement automatique n'est plus possible.

La remorque est fortement saisie sur le tambour Y; son extrémité, dégarnie de son enveloppe, suit une des nervures de la roue X (*pl.* 277, *fig.* 1400), traverse son moyeu et vient aboutir

à un ressort porté sur une plaque d'ébonite, qui appuie dans toutes les positions sur une bague en cuivre fixée à la flasque U; cette bague est reliée par un fil isolé à une borne placée extérieurement en ε. Une bande de cuivre, dont le milieu est en communication avec la borne, reçoit les extrémités des conducteurs.

Porte-voix. — La transmission des ordres entre le poste de combat du commandant et les différentes parties du navire, tourelles, batterie, soutes à munitions, machines, se fait au moyen de porte-voix, formés de tubes en plomb, garnis à chaque extrémité d'une embouchure et d'un sifflet d'appel. Le plomb est la matière qui transmet le moins les bruits extérieurs, il se ploie facilement; son poids considérable a conduit à y substituer sans succès des tuyaux en tôle zinguée.

On obtient des résultats sensiblement meilleurs, comme portée et netteté de la voix, en employant des tuyaux en cuivre coniques, dont le diamètre, de 50 millimètres à une extrémité, va en augmentant jusqu'à 90 millimètres à l'autre, et qui se terminent par un large pavillon. Installés d'abord sur les paquebots des Messageries Maritimes, ces porte-voix se répandent de plus en plus sur les navires de guerre.

Les porte-voix, qu'on est obligé de beaucoup multiplier, forment en certains endroits de véritables faisceaux, qu'un projectile heureux pourrait facilement couper; aussi serait-il bien désirable qu'une communication téléphonique pût leur être substituée. On les fait circuler autant que possible dans les parties protégées, en les séparant, quand on le peut; on doit simplifier leur parcours, et éviter les coudes, qui nuisent à leur fonctionnement, aussi bien que les bruits et les trépidations extérieures.

Transmetteurs d'ordres. — Pour l'appareil moteur, avec lequel une communication rapide et sûre est, dans toutes les circonstances de la navigation, indispensable, on a imaginé divers appareils appelés transmetteurs d'ordres, qui permettent par un système répétiteur de s'assurer que l'ordre a été compris.

Le transmetteur d'ordres de M. le directeur des constructions navales Godron (*pl.* 278, *fig.* 1403-1404-1405) se compose d'un cadran portant des divisions, sur lesquelles sont marqués les principaux commandements et les nombres de tours. Un axe creux porte une aiguille en fer, que l'on dirige sur la division convenable au moyen d'une manivelle et d'un engrenage, et une poulie à double gorge sur laquelle passe une chaîne, munie à son extrémité d'un contre-poids. Un second axe concentrique porte une aiguille en bronze, une seconde poulie et une roue dentée, qui actionne un timbre. Le tout est monté sur une borne en fonte.

Deux appareils semblables sont placés, l'un au poste de commande sur la passerelle, l'autre dans la machine; ils sont reliés par des chaînes. En actionnant le premier, on place l'aiguille en fer de la passerelle et l'aiguille en bronze de la machine sur le commandement à exécuter. La machine à son tour place son aiguille en fer au même endroit, et ramène au même point l'aiguille en bronze de la passerelle, qui est liée à son mouvement, indiquant ainsi que le commandement a été compris; chaque mouvement produit un coup de timbre. Les transmissions sont établies au moyen de chaînes de 4 millimètres sur les poulies, et dans l'intervalle, par des fils de fer de 6 millimètres.

Dans l'appareil installé sur certains navires par M. l'ingénieur de la marine Fliche (*pl.* 279, *fig.* 1406-1407), la disposition est un peu différente. Le manipulateur et le récepteur sont distincts. Le premier a la forme d'un secteur, sur lequel tourne une aiguille, le second d'une échelle verticale, sur laquelle monte et descend un index; le mouvement donné à l'aiguille du manipulateur est suivi par un secteur à double gorge; dans l'une passe une chaîne à contrepoids, sur l'autre celle qui transmet le mouvement à l'index du récepteur.



Enfin on pourra rencontrer d'autres appareils, dans lesquels la transmission est obtenue au moyen de roues d'angle et d'arbres; mais la torsion des arbres et l'usure des engrenages font que, quand ils ne sont pas à répétition, on ne peut avoir en eux qu'une confiance limitée.

Râteliers d'armes. — Les armes portatives, fusils, sabres d'abordage, revolvers, doivent être disposées de manière à être faciles à surveiller et à prendre, maintenus au roulis et à l'abri de l'eau. On installe des râteliers à cet effet.

Pour les fusils, le râtelier se compose d'une tablette porte-crosses, et d'une seconde tablette percée de trous, pour le passage des canons, fixées par des équerres aux cloisons; entre deux canons est percé un trou pour le logement d'un sabre-baïonnette. Des râteliers analogues sont établis pour les sabres d'abordage; on y ajoute des tourillons, qui s'emmanchent dans le canon d'un revolver.

Les râteliers doivent être disposés de manière qu'au moment des différentes prises d'armes, que prévoit le rôle de combat (abordages, débarquements), il n'y ait pas encombrement et confusion. A cet effet, on place souvent entre les canons de la batterie des râteliers ou des panoplies, recevant toutes les armes destinées aux servants des pièces voisines. Le reste des armes est distribué entre les cloisons des emménagements de l'arrière; entre barrots on place des étagères pour gibernes et fourniments.

Sur les transports, les armes devront être placées dans les locaux affectés à l'équipage et aux officiers; celles des troupes passagères sont embarquées en caisses.

FIN DE LA SIXIÈME PARTIE.

SEPTIÈME PARTIE.

MATURE. — VOILURE. — GRÉEMENT.

CHAPITRE LI.

RÈGLEMENT DE MATURE.

Division de la voilure. — L'emploi de la voilure à la propulsion nécessite que sa surface ait une grandeur, et son centre de gravité une position déterminées d'après les dimensions du navire, sa forme et sa stabilité. Il convient en outre que la voilure soit fractionnée en portions pouvant être supprimées les unes après les autres, suivant la force du vent, et qu'elle soit distribuée sur la longueur du navire, de manière qu'on puisse déterminer les évolutions en déployant ou en serrant tour à tour les voiles placées aux extrémités.

Il y a le plus souvent deux ou trois mâts verticaux ou à peu près, appelés, en partant de l'avant, *mât de misaine, grand mât, mât d'artimon,* et un mât incliné, en saillie à l'avant, appelé *mât de beaupré*. Quelquefois il y a quatre ou même cinq mâts verticaux.

Chaque mât peut se composer de plusieurs pièces superposées, appelées *bas mât*, *mât de hune*, *de perroquet,* et, quand il s'agit du beaupré, *mât de beaupré*, *bout-dehors de grand foc*, *de clin-foc*. Le croisement d'un mât avec le mât supérieur s'appelle le *ton;* l'ensemble d'un mât et de ses voiles s'appelle *phare*. Quand un phare, divisé en plusieurs voiles, est porté par un mât non fractionné en bas mât, mât de hune, etc..., le mât est dit *à pible*. Ces mâtures ont l'avantage d'une plus grande légèreté ; en revanche un accident, qui ne compromettrait que le mât de hune, nécessite le remplacement du mât tout entier.

Les voiles sont portées par les mâts, et tenues ouvertes par d'autres pièces appelées *vergues*, et quelquefois *cornes;* certaines sont envergués sur des cordages appelés *drailles*. Les voiles sont manœuvrées au moyen de *drisses*, qui servent à les hisser, de *bras*, d'*écoutes*, d'*amures*, qui servent à les orienter et à les border, c'est-à-dire à les présenter au vent, de *cargues*, qui servent à les serrer.

Voiles triangulaires. — Les voiles portent des noms différents suivant leurs formes.



Parmi les voiles triangulaires, nous trouvons les *focs* et les *voiles d'étai* (*pl.* 283, *fig.* 1421), qui font partie de la voilure de presque tous les bâtiments, sont enverguées sur une *draille,* cordage raidi dans une direction inclinée sur l'horizon, ou sur un *étai.*

Les voiles *latines* (*pl.* 279, *fig.* 1408) ont une forme analogue, et sont portées par une vergue composée de deux pièces rousturées, appelée *antenne.* La partie inférieure porte le nom de *carnal*, l'extrémité supérieure celui de *penne.* La penne est orientée par des cordages appelés *ourses*, et le carnal par les *ostes.*

Les voiles à *houari* (*pl.* 284, *fig.* 1424) sont enverguées sur un mât, et sur une vergue qui le prolonge; elles ne sont employées que sur des embarcations.

Voiles auriques. — Les voiles *au tiers* ou *à bourcet* (*pl.* 283, *fig.* 1422), employées sur les canots et chaloupes, et sur beaucoup d'embarcations de pêche, sont portées par des vergues suspendues au mât au tiers de leur longueur. La voile est amurée au pied du mât, et tendue par une écoute.

Les voiles *goëlettes* (*pl.* 281, *fig.* 1415) sont enverguées sur une corne, qui vient porter sur le mât par une mâchoire, et qui est soutenue par deux drisses appelées drisses de *pic* et drisse de *mât.* La voile a sa *chute* avant parallèle au mât, sa *bordure* inférieure horizontale, sa chute arrière inclinée; elle se borde soit sur le pont, soit sur un espar inférieur appelé *gui*, quand elle est portée par le mât d'artimon, et prend dans ce cas le nom de *brigantine.*

Quelquefois elle est portée par un petit mât spécial, parallèle au mât principal, qui reçoit le nom de mât de *senau.* La brigantine est tendue par une écoute sur le gui; la corne est orientée par des *palans de garde,* et le gui par les *écoutes de gui.*

La voile à *livarde* (*pl.* 279, *fig.* 1409), portée par quelques embarcations, a une forme analogue; mais, au lieu d'être enverguée sur une corne, elle est tenue ouverte par un *baleston.*

Voiles carrées. — On appelle *voiles carrées* (*pl.* 280, *fig.* 1417) des voiles de forme légèrement trapézoïdale, et à axe de symétrie vertical, portées par des vergues perpendiculaires aux mâts; elles constituent la majeure partie de la voilure des navires à trait carré, sur lesquels elles sont associées aux voiles goëlettes, aux focs et aux voiles d'étai. On les divise en *basses voiles*, au-dessus desquelles se placent les *huniers*, puis les *perroquets*, enfin les *cacatois.* Suivant le mât qui les porte, elles prennent les noms de :

Misaine, petit hunier, petit perroquet, petit cacatois, pour le mât de misaine;
Grand'voile, grand hunier, grand perroquet, grand cacatois, pour le grand mât;
Perroquet de fougue, perruche, cacatois de perruche, pour le mât d'artimon.

Le mât d'artimon ne porte pas de basse voile.

La surface des voiles carrées peut être augmentée par petite brise venant grand'largue ou de l'arrière, au moyen de *bonnettes*, voiles supplémentaires, que l'on place latéralement aux huniers, aux perroquets et à la misaine.

Divers systèmes de mâture. — Suivant le nombre des mâts et la forme des voiles que chacun d'eux porte, les mâtures prennent différents noms. Les principaux types sont les suivants.

Le *cutter* (*pl.* 279, *fig.* 1410) n'a qu'un mât vertical et un beaupré; il porte un ou plusieurs focs, une brigantine, une flèche-en-cul, quelquefois un hunier; on ajoute aussi le plus souvent une voile carrée appelée *fortune*, destinée à la marche vent arrière.



La *galiote* a une mâture analogue à celle du cutter; seulement la brigantine a une bordure plus courte, et un mât de tape-cul, placé à l'arrière, porte une voile aurique.

La *goëlette* (*pl.* 279, *fig.* 1411) a deux et quelquefois trois mâts, portant des voiles goëlettes, complétées souvent par des voiles de flèche triangulaires, ou par des huniers; elle porte également des focs.

Le *brick-goëlette* (*pl.* 280, *fig.* 1412) a un phare carré à l'avant, et un phare goëlette à l'arrière.

Le *brick* (*pl.* 280, *fig.* 1413) a deux phares carrés et des focs; le grand mât porte une brigantine.

Le *trois-mâts barque* (*pl.* 283, *fig.* 1421) a deux phares carrés, et un phare d'artimon goëlette.

La mâture à *trois-mâts carré* (*pl.* 282, *fig.* 1416) était celle des vaisseaux et frégates à voiles, et est encore celle de la plupart des navires de guerre; elle comprend trois phares carrés complets avec goëlettes, et cinq focs, savoir : le clin-foc, le grand foc, le faux foc, le petit foc et la trinquette, enfin différentes voiles d'étai, dont les plus usitées sont le foc d'artimon, la pouillouse sur l'étai du grand mât, la grand'voile d'étai de hune.

Le *lougre* ou *chasse-marée* a trois mâts portant des voiles au tiers, fractionnées en basses voiles et huniers; il a un bout-dehors et des focs. Cette voilure, simplifiée souvent par la suppression des huniers, est celle d'un grand nombre d'embarcations de pêche des côtes de France; c'est également la voilure réglementaire des canots de la flotte (*pl.* 283, *fig.* 1422-1426).

Il existe encore un grand nombre de systèmes de mâture, dans la nomenclature desquels nous n'entrerons pas.

Règlement ancien des phares carrés. — Le règlement de mâture a pour objet d'uniformiser les formes, la confection et les garnitures des espars de toute espèce des navires de la marine française; il a supprimé les habitudes locales, et permis d'employer pour un navire les pièces de mâture provenant d'un autre.

Le règlement de mâture se divise en deux parties, l'une relative aux phares carrés anciens, l'autre aux phares abaissés. Nous examinerons d'abord l'ancien règlement, publié en 1854, réédité en 1857 et reproduit en 1879.

Tableaux. — Les pièces de mâture sont de deux espèces; les unes, comme les bas mâts, les cornes, guis, arcs-boutants de beaupré, ont des dimensions qui dépendent de celles du bâtiment, et ne peuvent être complètement déterminées sans en tenir compte. Les pièces de la mâture haute, au contraire, et toutes les vergues, ont leurs formes complètement définies, indépendamment du navire auquel elles serviront, pourvu que l'on connaisse la voile à leur faire porter.

Le tableau n° 1 donne les proportions des bas mâts, cornes, guis et arcs-boutants de beaupré et de martingale. La longueur des bas mâts est donnée à partir de l'étambrai du pont des gaillards, sans tenir compte de la portion du mât contenue à l'intérieur de la coque, qui varie avec le creux, la position de l'emplanture, etc.

Ces pièces sont divisées en vingt classes, correspondant aux divers types de navires en usage lors de la rédaction du règlement. Quoiqu'il convienne d'associer aux bas mâts les cornes et guis correspondants, la longueur du navire, l'espacement des mâts, plus considérable qu'autrefois, peuvent conduire à adopter pour ces pièces des numéros différents. L'essentiel dans la préparation d'un plan de voilure est de donner toujours à tous les espars des dimensions prévues au règlement, afin de ne pas créer des objets spéciaux à un seul navire.



Les trois tableaux qui suivent comprennent :

Tableau n° 2. — Vergues et mâture haute ;
— n° 3. — Hunes, barres, chouquets, élongis ;
— n° 4. — Tangons, bout-dehors de bonnettes et vergues de bonnettes.

Toutes ces pièces sont classées en vingt jeux gradués, c'est-à-dire que toutes les pièces d'un même jeu sont faites pour être associées ensemble, et qu'un phare ne doit jamais être composé que de pièces du même jeu.

Quant à la correspondance des bas mâts divisés en classes avec les pièces de la mâture supérieure divisée en jeux, elle est donnée par un tableau à double entrée portant le n° 5. Ce tableau, dont nous donnons un spécimen, comprend autant de colonnes que de types de navires, autant de lignes que de jeux. Pour le vaisseau à deux ponts de troisième classe par exemple, les lettres G, M, A indiquent que l'on doit choisir le troisième jeu pour la mâture haute du grand mât, le sixième pour le mât de misaine, le dixième pour le mât d'artimon.

NUMÉROS des JEUX GRADUÉS.	MATURES									
	DES VAISSEAUX					DES FRÉGATES.				DES CORVETTES.
	à 3 ponts.	à 2 ponts.								
	1re cl.	1re cl.	2e cl.	3e cl.	4e cl.	1re cl.	2e cl.	3e cl.	4e cl.	
1	G	G								
2			G							
3				G						
4	M	M			G	G				
5			M				G			
6				M				G		
7					M	M			G	
8	A	A					M			
9			A					M		
10				A					M	
11					A	A				
12							A			
13								A		
14									A	
15										
16										
17										
18										
19										
20										

Aujourd'hui la variété des types ne permet plus l'établissement d'un tableau analogue pour les navires actuels ; mais il sert encore à établir la correspondance entre les bas mâts des différentes classes, et les jeux qu'il convient de leur associer.

Un tableau désigné par la lettre S donne les surfaces vraies des voiles, correspondant aux

mâts et vergues des vingt jeux gradués; un second tableau S' donne les surfaces théoriques, c'est-à-dire ne tenant pas compte des échancrures et des ronds; ce sont les surfaces de ce dernier tableau, qui entrent dans le calcul des plans de voilure. Il fournit également la hauteur du centre de gravité de chaque phare.

Renseignements pour le tracé des plans de voilure. — Pour rendre les plans de voilure comparables entre eux, on doit y faire entrer toujours les mêmes voiles; on ne fait figurer dans le calcul pour les navires à mâture carrée que les basses voiles, les huniers, les perroquets, la brigantine et le grand foc. Pour les bricks, la grand'voile n'entre pas dans le calcul; quant aux autres voiles, cacatois, petit et clin-foc, voiles goëlettes, on les figure seulement sur le plan, sans en tenir compte. L'étendue de la surface de voilure est réglée d'après les qualités que l'on veut donner au navire, et proportionnée à la surface du couple milieu. Sur la plupart des croiseurs actuels, elle varie de 25 à 35 fois la surface du couple milieu.

Des considérations théoriques, dans lesquelles nous n'entrerons pas, déterminent la position qu'il convient de chercher à donner au centre vélique, et quelle surface de voilure il convient d'adopter. Ces deux données étant déterminées, on cherchera quels sont les phares qui y satisfont, ce dont le tableau n° 5 donnait immédiatement l'indication pour les navires de l'ancienne flotte. C'est aujourd'hui un tâtonnement, pour lequel il n'existe pas de règle précise; on remarquera seulement que tout en donnant au mât de misaine une chute moindre qu'au grand mât, on prend souvent la même mâture haute, afin de simplifier les rechanges: on a alors deux mâts *bâtards*.

La surface de voilure était divisée de la manière suivante sur les navires à voiles.

DÉSIGNATIONS.	ARTIMON (voiles carrées).	GRAND MAT.	MISAINE.	FOCS et brigantine.
Vaisseaux	12,40 %	40,40 %	30,60 %	16,60 %
Frégates et corvettes	11,40	40,00	31,00	17,60
Bricks	»	42,00	33,00	25,00

Tracé d'un phare carré. — La surface à donner à chaque phare étant arrêtée, les numéros des jeux étant déterminés, et la position de chaque phare dans le sens longitudinal en étant déduite, ou fixée d'après des données spéciales au navire, telles que la position de l'appareil moteur et de l'artillerie, le tracé du plan s'obtient en plaçant les axes des mâts et des vergues dans des positions déterminées par le règlement. Examinons d'abord le tracé d'un phare carré.

La longueur $L = ab$ du bas mât (*pl.* 281, *fig.* 1414) est portée du dessus du pont au trait inférieur des élongis; l'axe de la basse vergue est placé au-dessous de ce trait à une distance $bc = 2{,}55\,D$, D étant le diamètre du bas mât.

On trace habituellement les vergues perpendiculaires aux mâts, quelquefois parallèles à la flottaison. La chute des basses voiles est fixée par le règlement (tableau 5), d'après la hauteur du bas mât. La bordure de misaine est égale à l'envergure augmentée de l'un des deux *bouts,* qui complètent la vergue; la bordure de grand'voile est égale à l'envergure.

Pour avoir la position du chouquet, on porte $T = be$, longueur du ton, donnée par le règlement.

L'axe du mât de hune est à une distance de celui du bas mât $df = 0{,}50(D + D')$; pour avoir le trait inférieur de la caisse, on porte $bd = 0{,}50$ D, ce qui donne le trait supérieur des élongis, puis en contre-bas $fg = 1{,}50\,D' + 0^m{,}10$.

De g en b', on porte la longueur L' du mât de hune diminuée du ton; la vergue de hune se place à une distance $b'c' = 4{,}30V$, V étant le diamètre de la vergue. De b' en e', on porte le ton T', et, pour avoir le dessus des barres, on porte $b'd' = 0{,}50D'$.

L'axe du mât de perroquet se trouve à une distance $d'f'$ de celui du mât de hune, égale à $0{,}50(D' + D'')$; le bas de la caisse à une distance $f'g'$ du trait supérieur des élongis, égale à $1{,}25D''$.

En portant à partir de f' la longueur $f'h$ égale à L'', longueur du mât de perroquet, on a le capelage de perroquet, puis, en portant la flèche hj, on obtient le capelage de cacatois; la contre-flèche, portée à la suite, a pour longueur $ij = 1{,}25D''$.

La vergue de perroquet se trouve en contre-bas de son capelage de $4{,}40V'$, V' étant son diamètre, et la vergue de cacatois de $5{,}60V''$.

La hauteur totale du phare est donc :

Du dessus du pont au-dessus des élongis	$L + 0{,}50\,D$.
Du dessus des élongis au-dessus des barres. . .	$L' - (1{,}50\,D' + 0^m{,}10) + 0{,}50\,D' = L' - D' - 0^m{,}10$
Du dessus des barres à la pomme.	$L'' + F + 1{,}25\,D''$.
Total.	$L + L' + L'' + F + 0{,}50\,D + 1{,}25\,D'' - D' - 0^m{,}10$

Toutes les vergues se rabattent perpendiculairement à l'axe du mât le plus élevé; il suffit de porter les demi-longueurs des vergues, diminuées des bouts, de chaque côté, et de réunir leurs extrémités par des lignes droites, pour obtenir la surface des voiles carrées; à la suite des demi-longueurs, on porte les bouts. Le mât de misaine est placé vertical; les deux autres légèrement inclinés sur l'arrière en éventail.

Brigantine. — Le gui (*pl.* 281, *fig.* 1415) vient buter contre le mât à une hauteur de 2 mètres au-dessus du pont; sa longueur pq est portée de manière que le point q soit plus élevé que p de deux diamètres; à la suite se trouve un bout $qr = 1{,}25\Delta$ (Δ diamètre du gui).

La corne, inclinée à 45°, vient porter contre le mât à une distance au-dessous du dessus des jottereaux $b\delta = 3{,}82$ D. Sa longueur est comprise entre les 65 et les 72 centièmes de celle du gui, selon que le mât est plus ou moins incliné; le bout est égal au dixième de la longueur. Une droite joignant les extrémités de la corne et du gui, déduction faite des bouts, termine la surface théorique de la brigantine: c'est la chute arrière, qui doit faire avec la verticale un angle de 10 à 15°.

Les autres voiles goëlettes ont des formes analogues; la longueur de la bordure est déterminée d'après les obstacles locaux, mâts, cheminées, roofs, qui limitent la position du point d'écoute; la corne se prend toujours dans le tableau n° 1, et est apiquée comme celle de la brigantine. Le bout a pour longueur le diamètre multiplié par 1,25. Autant que possible on trace les chutes arrières parallèles.

La bordure se trace de manière que le point d'amure soit élevé de $1^m{,}80$ au-dessus du pont, et le point d'écoute de $2^m{,}20$.

Phare de beaupré. — Le mât de beaupré (*pl.* 281, *fig.* 1414) a une inclinaison variant de 14 à 20°. Le tableau n° 1 donne sa saillie s, comptée suivant son axe en dehors de la muraille. Le bout-dehors de foc croise le beaupré sur moitié de sa saillie; sa longueur totale est donc égale

à sa saillie s', augmentée de la moitié de celle du beaupré. La distance de leurs axes est $0,7\,d + 0,5\,d'$ (d diamètre du beaupré, d' du bout-dehors).

Le bâton de clin-foc croise le bout-dehors de grand foc sur toute la longueur de sa saillie s' ; la saillie du bâton est les $\frac{6}{10}$ de celle du bout-dehors ; la distance de leurs axes est $0,50\,(d' + d'')$.

La draille de trinquette vient tomber sur le beaupré au même point que la sous-barbe inférieure, à une distance du bout variant de 1/3 à 1/4 de la saillie. La draille de grand foc part du capelage du mât de hune, tombe sur le bout-dehors à une distance de l'extrémité égale à $1,60\,d'$; la draille de clin-foc part du capelage de perroquet, et tombe sur le bâton à une distance du bout égale à $2\,d''$.

Tracé des focs. — L'envergure du grand foc est les 0,80 de la draille, la bordure 0,50 de l'envergure. Le point d'amure est à $0^m,20$ au-dessus du bâton de foc, et le point d'écoute à une hauteur au-dessus de la teugue ou du bastingage égale à 0,11 de l'envergure.

Le clin-foc, quoique n'entrant pas dans les calculs, se trace habituellement sur les plans de voilure. Son envergure est les $\frac{48}{100}$ de la draille, sa bordure $\frac{50}{100}$ de l'envergure ; le point d'amure est à $0^m,20$ au-dessus du trait supérieur du bâton de clin-foc, le point d'écoute au-dessus du bout-dehors de 0,175 de l'envergure.

L'ensemble d'un plan de voilure dans le système des phares carrés anciens est indiqué par la figure 1416 (*pl.* 282), qui représente la voilure du Sfax.

Phares abaissés. — Le règlement des phares carrés anciens, codifié en 1857, ne put être appliqué sans modification aux navires à vapeur, qui, à cette époque, devenaient d'un usage général. La longueur plus grande de ces navires permettait d'augmenter les envergures, sans que les vergues, brassées au plus près, vinssent se masquer, comme il serait arrivé pour les navires à voiles. Les navires étaient proportionnellement plus étroits et moins stables ; on était donc conduit à diminuer les chutes en même temps qu'on augmentait les envergures, afin de pouvoir assurer aux haubans un épatement convenable. En outre sur certains navires à vapeur, où la voilure est tout à fait accessoire, on avait quelquefois intérêt à placer des phares goëlettes, que le règlement ne prévoyait pas.

La surface de voilure est, dans ce système, subdivisée à peu près de la manière suivante :

Phare de misaine	31 %
— de grand mât	32
— d'artimon (voiles carrées)	17,5
Focs et brigantine	19,5
	100,00

Pendant longtemps on s'est borné à associer des mâts d'un jeu à des vergues d'un jeu plus fort ; quelquefois on faisait des pièces de mâture ayant le diamètre d'un jeu et la longueur d'un autre ; il n'y avait aucune uniformité.

Un règlement, rédigé en partie depuis longtemps, et publié en 1879, a fixé les proportions des phares abaissés ; il comprend des phares verticaux carrés, des phares verticaux goëlettes et des phares de beaupré de plusieurs espèces.

Phares abaissés carrés. — Les phares abaissés carrés ne portent pas de voiles de cacatois ;



le mât de perroquet est formé par la flèche du mât de hune; il n'existe pas de bout-dehors aux vergues de hune.

Le tableau n° 1 donne les dimensions de tous les espars, divisés en vingt jeux, numérotés de 5 à 24, de manière que les pièces de même longueur, qui figurent dans les deux règlements, portent le même numéro.

La chute des bas mâts n'est plus invariable; on peut la fixer arbitrairement entre un maximum et un minimum; les basses vergues ont des dimensions nouvelles; celles des vergues de hunier et de perroquet sont pour la plupart celles de l'ancien règlement; les guis, cornes, bout-dehors et vergues de bonnettes sont tantôt ceux de l'ancien règlement, tantôt spéciaux.

Le tableau n° 2 donne les dimensions des barres à capeler, substituées aux hunes pour plus de légèreté, des croisettes en fer et des chouquets. Quand on a à installer des canons-revolvers dans la mâture, on conserve les hunes de l'ancien règlement.

Chaque phare doit être composé de pièces du même jeu; on prend habituellement le mât de misaine et le grand mât dans le même jeu, en donnant un peu moins de chute au bas mât de misaine, et on prend le phare d'artimon de quatre unités plus faible.

Pour construire le plan d'un phare carré (*pl.* 280, *fig.* 1417), on porte la longueur du mât $L = ab$, du dessus du pont à la naissance du ton, puis le ton $T = be$. La basse vergue est placée au-dessous de la naissance du ton à une distance bc comprise entre 3 D et 3,15 D; la corne rencontre le mât à une hauteur $bs = 1,5\ bc$; elle fait avec lui un angle de 45°.

Le mât de hune est placé parallèlement au mât, à une distance $bf = 0,50\ (D + D')$; sa caisse a son point le plus bas en dessous de la naissance du ton, d'une longueur $fg = 0,90\ D'$. C'est à partir de ce point qu'on porte le guindant gh, la flèche hi, le bout ik : la longueur totale du mât est gk.

La vergue de hune est placée au-dessous du capelage de hune à une distance égale à 4,30 V, V étant son diamètre au fort, et la vergue de perroquet à une distance 4,40 V'.

L'inclinaison des mâts est moyennement de 3° pour le mât de misaine, 5° pour le grand mât, 8° pour le mât d'artimon.

La bordure de grand'voile est égale à la longueur totale de la vergue, celle de misaine est égale à l'envergure. La hauteur de la ligne droite de bordure au-dessus du pont varie suivant le le jeu de $2^m,60$ à $2^m,10$.

La bordure des goëlettes est relevée, de manière que le point d'amure soit à $1^m,50$ au-dessus du pont, et le point d'écoute à $2^m,50$; le gui a la même inclinaison, et passe à 1 mètre au-dessus du couronnement. Les chutes arrière sont autant que possible parallèles.

Phares abaissés goëlettes. — Deux tableaux donnent les dimensions des phares goëlettes; le premier fixe les dimensions des bas mâts, des gaules, des guis et des cornes; le second des croisettes et chouquets.

Dans les phares goëlettes (*pl.* 280, *fig.* 1418), le mât de flèche, ou *gaule*, est placé, comme le mât de hune du phare carré, à une distance du bas mât égale à $0,50\ (D + D')$, et descend au-dessous du trait inférieur des élongis de 0,90 D'. La corne, inclinée à 45° du mât, est placée en contre-bas, de la moitié du ton; le gui est parallèle à la bordure des voiles goëlettes, et a son extrémité arrière élevée de 1 mètre au-dessus du couronnement.

Autant que possible on trace les chutes arrière des grand' voile et misaine goëlettes parallèles à celle de la brigantine, toutes les fois que cela ne conduit pas le point d'écoute trop de l'arrière.

Phare de beaupré. — L'allongement des navires permet souvent de faire tomber l'étai de

misaine sur le pont, ce qui conduit à donner une moindre importance au beaupré ; en outre, sur certains navires pourvus d'un canon de chasse sur le gaillard, il est nécessaire de rentrer le beaupré pour dégager le tir.

Il existe trois sortes de phares de beaupré. Les beauprés dits *anciens* portent un bout-dehors de grand foc et un bâton de clin-foc ; les étais de misaine et du petit mât de hune tombent sur le beaupré, le petit foc amure aux violons ; le grand foc et le clin-foc au bout de leurs bouts-dehors. Les beauprés *des transports* sont moins longs ; ils ne portent qu'un bout-dehors de grand foc ; il en existe quinze jeux. Les uns et les autres sont pris dans l'ancien règlement.

Enfin les beauprés *des croiseurs* sont installés à rentrer, et ne portent qu'un bâton de clin-foc ; il en existe vingt jeux, tous spéciaux. Dans ce cas l'étai de misaine tombe sur l'étrave, et sert de draille de petit foc ; les étais du petit mât de hune tombent aux violons, et l'un d'eux sert de draille de grand foc ; le clin-foc s'amure au bout du bout-dehors.

On peut encore accroître cette variété, soit en adoptant une saillie moindre que celle du règlement, et prenant pour diamètre au fort la broche de la saillie correspondante, soit en allongeant le beaupré, et en augmentant le diamètre de 1/26 de l'augmentation de saillie. Tous ces beauprés ont une inclinaison de 20°. Trois tableaux donnent les dimensions des beauprés et de leurs accessoires.

Pour les beauprés des transports (*pl.* 284, *fig.* 1419), on place l'axe du bout-dehors de grand foc à une distance de celui du beaupré égale à $0{,}50\,(d + d') + 0{,}20\,d$. Le croisement est de moitié de la saillie du beaupré (non compris le raccourcissement, si le mât est tronçonné). La draille du grand foc tombe à une distance du bout égale à $1{,}68\ d'$.

Pour les beauprés des croiseurs (*pl.* 284, *fig.* 1420), la distance des axes est de $0{,}50\,(d + d') + 0{,}213\,d$. Le croisement se fait jusqu'à l'étrave. La draille du grand foc tombe à une distance du bout du beaupré égale à $0{,}374\ d$.

Tracé des focs. — L'envergure du grand foc est les $\frac{80}{100}$ de sa draille ; sa bordure est la moitié de son envergure ; son point d'amure est à $0^m{,}20$ au-dessus du trait supérieur du bout-dehors ; le point d'écoute est relevé au-dessus du gaillard d'avant des $\frac{11}{100}$ de l'envergure.

L'envergure du clin-foc est les $\frac{48}{100}$ de sa draille, la bordure $\frac{50}{100}$ de l'envergure. Le point d'amure est à $0^m{,}20$ au-dessus du bout-dehors, et le point d'écoute relevé des $\frac{175}{100}$ de l'envergure.

Nous donnons comme ensemble de voilure le plan de voilure du croiseur le Seignelay (*pl.* 283, *fig.* 1421).

Mâture des embarcations. — Les mâtures des embarcations sont réglementées comme celles des bâtiments ; elles comprennent des bas mâts, des vergues au tiers, des bout-dehors de foc et de tape-cul. Tous ces espars sont classés en 19 jeux gradués, et leurs longueurs et diamètres sont inscrits dans un tableau. Un second tableau détermine le jeu auquel appartient chaque espar compris dans la mâture de chaque type d'embarcation.

Les chaloupes de 8 mètres et au-dessus, les canots de $8^m{,}50$ et au-dessus reçoivent deux mâts et un tape-cul portant des voiles au tiers ; le foc amure sur un bout-dehors (*pl.* 283, *fig.* 1422).

Les chaloupes de 7 mètres, et les canots de 8 mètres et au-dessous ont deux mâts avec voiles au tiers, et un bout-dehors de foc (*pl.* 281, *fig.* 1423).

Les baleinières ont deux mâts, les youyous un mât à houari ; le foc amure sur l'étrave (*pl.* 284, *fig.* 1424-1425).



Les canots à vapeur ont un grand mât avec voile au tiers, un tape-cul et un bout-dehors de foc (*pl.* 283, *fig.* 1426).

Un tableau donne les positions des mâts, les angles qu'ils doivent faire avec la quille, et ceux que es vergues doivent faire avec les mâts.

Le rapport de la surface de voilure au rectangle circonscrit à la flottaison varie de :

1,63 à 2,21	pour les	chaloupes ;
1,68 — 1,74	—	canots ;
1,28 — 1,37	—	baleinières.

CHAPITRE LII.

CONSTRUCTION DES MATS ET VERGUES.

Mâtures brutes. — Les mâts et vergues sont tantôt d'une seule pièce, tantôt d'assemblage; on les confectionne au moyen de pièces de mâture brutes, que nos arsenaux ont en quantité considérable; elles proviennent de Riga, de l'Amérique du Nord (pin de Vancouver, pin des Florides). On a aussi essayé à diverses époques des mâts en sapin des Pyrénées, en pin de Corse, qui se sont montrés de qualité très inférieure. La supériorité de résistance des mâts des Florides a fait admettre par le règlement de mâture une réduction de 5 0/0 sur le diamètre, pour les bas mâts de cette essence.

Le mesurage des pièces de mâture est fait d'après le diamètre mesuré au sixième de la longueur totale à partir du pied, point appelé le *proportionné* du gros bout; il se fait de 3 en 3 centimètres, la fraction de 15 millimètres et en dessous ne comptant pas. Anciennement le mesurage se faisait en palmes, mesure de 13 lignes ou $29^{mm},326$.

La longueur du mât régulier doit être en mètres le tiers du nombre de centimètres du gros diamètre; le petit diamètre doit avoir les deux tiers du grand. Ainsi un mât de 72 centimètres doit avoir ce diamètre à 4 mètres du pied; sa longueur totale doit être de 24 mètres au moins, et à 24 mètres du pied il doit avoir 48 centimètres de diamètre; si en ce point on ne trouvait que 47 centimètres, on descendrait le petit diamètre à 23 mètres du pied, et on aurait un mât de 69 centimètres, avec un excédant en longueur et en diamètre, qui donnerait lieu à une prime. L'aubier est admis à raison de $0,^{mm}75$ par centimètre de diamètre; tout excédant donne lieu à une réduction de diamètre.

Les mâts bruts sont divisés en quatre classes, suivant leurs qualités, et l'absence plus ou moins grande de défectuosités.

1re CLASSE. — Cette classe est destinée aux mâts et vergues de hune; ce sont des pièces parfaitement saines, droites et surtout sans nœuds rapprochés.

2e CLASSE. — Mèches et jumelles supérieures. On admet un peu de tors, à condition qu'il soit facile de le supprimer par le travail; on tolère des nœuds petits, fréquents, mais sains, un aubier épais.

3e CLASSE. — Mèches et jumelles inférieures. On admet des pièces ayant les défauts précédents plus prononcés, des fibres torses, des roulures et frottures de peu d'importance. Ces trois classes sont reçues à l'unité.

4e CLASSE. — Mâts tronçonnés. Les mâts tronçonnés sont ceux qui se trouvent coupés par

des nœuds en couronne ou des vices locaux, mais qui peuvent fournir des beauprés d'une seule pièce. Ils sont reçus au stère.

Les pièces de 48 à 36 centimètres de diamètre prennent le nom de *mâtereaux*, celles au-dessous de 36 centimètres de *menus mâtereaux* et d'*espars*.

Les bons bois de mâture se reconnaissent à leur couleur rouge pâle, à la régularité de la distribution de la résine, et surtout à la résistance des copeaux à la traction : les fibres doivent se déchirer, et non rompre entre les doigts.

On trouvera plus de détails à ce sujet dans le tarif de recette des bois de mâture du 29 février 1848.

Construction d'une pièce de mâture. — Le règlement de mâture fournit les dimensions principales, longueur et grand diamètre, de toutes les pièces de mâture. Le grand diamètre des mâts est à l'étambrai du pont supérieur. Le grand diamètre des mâts supérieurs est au chouquet du mât inférieur. Le grand diamètre des vergues des voiles carrées et des bonnettes est au milieu, celui des bouts-dehors de bonnettes au tiers de leur longueur, celui du gui aux deux tiers, celui de la corne au tiers à partir du mât. Les petits diamètres sont réglés de la manière suivante.

DÉSIGNATIONS.	FRACTION du GRAND DIAMÈTRE CORRESPONDANTE	
	aux bouts du ton, des flèches et aux extrémités des vergues.	au talon ou au pied.
Bas mâts verticaux	0,700	0,833
Beauprés	0,555	0,833
Mâts de hune.	0,600	1,000
Bâtons de grand foc	0,666	0,833
— de clin-foc	0,500	0,666
Mâts de perroquet (suivant la longueur).	0,600 à 0,500	1,000
Vergues (suivant la longueur).	0,560 à 0,405	»
Guis	0,666	0,666
Cornes	0,555	0,833
Bouts-dehors de bonnettes. .	0,666	0,720
Vergues de bonnettes. . . .	0,50 à 0,66	»
Tangons	0,666	1,000

On en déduit une série de diamètres intermédiaires par une construction géométrique appelée la *mitre*.

Du milieu d'une ligne AB, égale au plus grand diamètre du mât (*pl.* 285, *fig.* 1427) que l'on veut construire, comme centre, on trace un demi-cercle avec un rayon égal à la moitié du diamètre. Du milieu M de cette ligne, on porte deux longueurs Ma', Mb', égales à la moitié du petit diamètre, et on élève les perpendiculaires $a'a$, $b'b$. En divisant la longueur du mât comprise entre le grand et le petit diamètre en un certain nombre de parties égales, et en menant des parallèles à AB divisant aa' en un même nombre de parties, on obtient la série des diamètres mn, pq, rs correspondants. Cette

construction, appelée mitre *au rayon*, est employée pour les bas mâts, pour la partie qui va du pont aux jottereaux, aussi bien que pour celle qui est contenue à l'intérieur de la coque.

On fait encore une autre construction appelée mitre *aux trois quarts* (*pl.* 285, *fig.* 1428), en prenant les centres des arcs de cercle au quart du diamètre à partir de chaque extrémité, en P et Q; cette mitre est employée pour tous les espars, autres que les bas mâts.

Enfin la mitre *au diamètre* (*pl.* 285, *fig.* 1429) s'obtient en prenant les centres aux points A et B, et en décrivant des arcs de cercle avec un rayon AB égal au diamètre. Cette mitre réduit les diamètres intermédiaires, ainsi que le montre la superposition des deux tracés (*pl.* 285, *fig.* 1430); elle est employée exceptionnellement dans les vergues de fort diamètre, quand l'économie dans le palmage des espars élémentaires l'exige.

Pour les mâtures à phares abaissés, on emploie pour les bas mâts d'une seule pièce la mitre au rayon, pour les bas mâts d'assemblage ou en tôle la mitre au diamètre, et pour tous les autres espars, la mitre aux trois quarts.

Pour les bas mâts ayant la chute maxima, le diamètre est augmenté de 8 0/0, et proportionnellement pour les chutes comprises entre le maximum et le minimum.

Pour ces mâtures, les petits diamètres sont ainsi réglés.

DÉSIGNATIONS.	FRACTION du GRAND DIAMÈTRE CORRESPONDANTE	
	aux bouts du ton, des flèches et aux extrémités des vergues.	au talon ou au pied.
Bas mâts en bois	0,667	0,833
— en tôle	0,700	0,833
Mâts de hune à flèche. . . .	0,370 à 0,450	1,000
Vergues	0,560 à 0,418	
NOTA. — Autres espars comme d'après l'ancien règlement.		

La série des diamètres ainsi déterminés *mn*, *pq*, *rs*, etc., sera donnée à la pièce à des distances équidistantes en MN, PQ, RS, etc. (*pl.* 285, *fig.* 1431); on les marque sur une biquette, et on coupe une série de petits morceaux de bois de leur longueur, appelés *broches*.

Taille d'une pièce. — Ayant choisi et visité soigneusement à la tarière et à la hache la pièce brute, qui pourra donner par son débit la pièce de mâture cherchée, on la tronçonne à la longueur qu'elle doit avoir, et on la met en chantier horizontalement (*pl.* 285, *fig.* 1432); on bornoye deux fils à plomb placés aux extrémités, et passant par les centres des sections; ils déterminent sur la surface supérieure de la pièce deux points, que l'on réunit par une ligne tracée au cordeau, qui est la trace extérieure d'un plan vertical passant par l'axe.

On distribue alors les broches à leurs positions sur la longueur de la pièce, après avoir eu soin de les augmenter de la quantité dont on prévoit que le desséchement des bois, toujours conservés sous l'eau jusqu'au débit, pourra réduire les diamètres; on suspend un fil à plomb à chacune

de leurs extrémités; on fait à la hache des entailles verticales, dont le fond doit être tangenté par les fils à plomb, et on enlève le bois resté entre les encoches.

On donne alors quartier à la pièce, et on répète le même travail; ses sections sont alors des carrés à angles arrondis ABCDEFGH (*pl.* 285, *fig.* 1433-1434), les diamètres MN, PQ étant égaux aux broches; les points M, N, P, Q de chaque section appartiennent seuls à la surface définitive.

On passe de là à l'octogone régulier, en prenant $MT = QR = \frac{5}{12} OQ$ (exactement 0,415), et en abattant le bois en dehors de TR. On obtient ensuite un polygone de seize côtés, en portant $Tp = Tr = \frac{1}{2} MT$ (exactement 0,48), et en abattant le triangle pTr; on passe de la même manière au polygone de 32 côtés. Le bois est enlevé, comme on l'a indiqué plus haut, en faisant des encoches, que l'on réunit ensuite en abattant le bois laissé entre elles. La pièce à 32 faces se travaille à la varlope, et est ainsi amenée à la forme de révolution. L'ensemble de ces opérations s'appelle faire le *palmage*.

Certaines parties des pièces de mâture ne sont pas de révolution; tels sont le tenon des mâts, la partie sur laquelle s'appliquent les jottereaux, les bouts de certains espars.

Il ne reste plus qu'à ajuster les garnitures, telles que jottereaux, jumelles, etc.

Pièces d'assemblage. — Les pièces d'assemblage se travaillent d'une manière analogue, après toutefois qu'on a réuni les divers éléments qui les composent, et qui sont eux-mêmes pris dans des pièces de mâture.

Quand il s'agit d'un mât, composé quelquefois d'un nombre de pièces pouvant aller à 12 ou 16, on commence par constituer un plan de bois diamétral (*pl.* 286, *fig.* 1435), ayant pour épaisseur à peu près la moitié du diamètre, appelé *mèche*, et on place de chaque côté deux autres plans appelés *jumelles*. La mèche et les jumelles sont composées à leur tour d'une série de pièces, qui n'ont pas la longueur du mât, et qui s'écarvent les unes avec les autres.

Les extrémités des pièces portent le nom de *paumes;* elles sont taillées suivant deux plans inclinés (*pl.* 285, *fig.* 1436), tels que la hauteur de la paume soit le dixième de sa base, et on les fait tomber sous un cercle. On a soin de les distribuer de manière qu'il n'y en ait aucune au capelage, et jamais deux sous le même cercle.

L'assemblage des pièces ne peut se faire au moyen de chevilles, qui les affaibliraient trop, et il importe à la solidité qu'elles ne puissent éprouver de glissement longitudinal; aussi pendant longtemps les a-t-on rendues solidaires au moyen d'adents à échelons, les saillies d'une pièce pénétrant dans les mortaises de l'autre. On a depuis longtemps renoncé à ce mode d'assemblage coûteux et compliqué, et on a remplacé les adents par des dés de bois, noyés de moitié dans chacune des pièces en contact, et placés en quinconce.

Le diamètre des dés varie de $0^m,065$ à $0^m,12$, leur hauteur de $0^m,05$ à $0^m,010$ et leur espacement de $0^m,80$ à 1 mètre. Dans les écarts, on les espace de $0^m,50$.

Les vergues de grande dimension se décomposent d'une manière analogue (*pl.* 286, *fig.* 1437), mais avec une moindre complication; on a soin de placer toujours vers le milieu les pieds des pièces, afin de renforcer la partie de la vergue qui fatigue le plus.

Nous donnons comme exemple de décomposition de pièces de mâture un mât en 16 pièces, et une basse vergue en 4 pièces. La juxtaposition des pièces est obtenue au moyen de bridolles serrées par des coins; avant de l'établir, on place les dés d'assemblage, et on recouvre les surfaces d'une couche épaisse de peinture; on fait alors le *palmage*, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut pour les pièces de mâture d'une seule pièce. Une fois l'assemblage terminé, on met en place

des cercles en fer plat, que l'on chauffe préalablement pour leur donner du serrage, et que l'on conduit à leur place à coups de billard ; on a soin, tout en billardant, de virer le mât avec un treuil, afin que les coups ne portent pas toujours au même endroit, et que le cercle marche carrément. Les cercles ont une hauteur variant de 8 à 13 centimètres, une épaisseur de 8 à 13 millimètres, et un espacement de 70 centimètres à 1 mètre.

Le travail d'une pièce d'assemblage étant ainsi terminé, il reste à mettre en place un série de garnitures en bois et en fer, que nous indiquerons en faisant la description sommaire de chacune des pièces.

Les pièces terminées sont calfatées dans toutes les fentes et gerçures avec du coton ; on doit marquer sur les bas mâts, par un trait de peinture noire, les traces d'un plan contenant l'axe, et perpendiculaire au plan diamétral ; ces traces servent de guide lors du ridage des haubans, et permettent de s'assurer que le mât ne fléchit pas. Tout le reste de la surface est peint en gris.

Bas mâts. — Les bas mâts (*pl.* 288, *fig.* 1437-1438), à une certaine hauteur au-dessous de la hune, prennent une forme carrée ; on vient appliquer sur l'avant trois pièces de chêne assemblées à crocs *a b c*, et formant le *tablier ;* la pièce centrale, qui descend plus bas que les autres, porte le nom de *jumelle de frottement.*

Sur les côtés sont placées deux pièces *d,* formant console sur l'avant, et appelées *jottereaux ;* elles servent de repos aux *élongis e*, pièces longitudinales, découpées de deux entailles pour recevoir les *barres traversières.* Sur les élongis se placent des garnis de forme arrondie *f*, sur lesquels portent les haubans. Les élongis comprennent entre eux l'extrémité inférieure de la caisse du mât de hune ; c'est sur eux que repose sa clef. Des cercles à charnière embrassent les jottereaux et le tablier ; des coins en bois comblent les vides entre ces pièces.

Au-dessus des jottereaux, le mât reprend sa forme cylindrique, et est garni de lattes au portage des haubans ; il se termine par un tenon carré à angles arrondis, dont la face arrière est parallèle à l'axe, et les autres légèrement convergentes. A son extrémité inférieure, il porte un tenon, qui repose dans l'emplanture.

Hune. — La hune (*pl.* 287, *fig.* 1439) repose sur les barres traversières, qui sont encastrées dans les entailles des élongis, et chevillées avec eux ; elles diminuent aux extrémités de moitié en hauteur et d'un cinquième sur la largeur.

La hune est à la fois une plate-forme de veille et de manœuvre, et le point d'appui du gréement dormant du mât de hune ; elle a une forme rectangulaire à l'arrière, demi-circulaire à l'avant, pour ne pas gêner le brasseyage du hunier. La charpente se compose de la *guérite a*, bordure en bois qui en fait tout le tour, des *traversins t t* et d'un plancher à claire-voie ; elle embrasse dans un vide intérieur le bas mât ; le mât de hune passe dans la *cheminée ;* le massif avant est percé de trois ouvertures *b c d,* dans lesquelles passent la suspente, et les estropes des poulies de drisse de basse vergue. De chaque côté des mâts, la hune est percée d'une ouverture rectangulaire qui y donne accès, appelée le *trou du chat.*

Sur l'arrière, la hune est garnie d'un garde-corps, porté par des chandeliers en fer ; de chaque côté se trouve un arc-boutant *e* terminé par une engoujure, sur lequel vient porter le galhauban étranglé ; enfin, en dessous se trouvent les pitons des poulies de retour des cargues de basse voile.

Chouquet. — Sur le tenon du bas mât se capelle le *chouquet* ou *chouque* (*pl.* 287, *fig.* 1440), pièce plate percée de deux trous, l'un carré pour le tenon, l'autre rond pour le passage du



mât de hune; le chouquet est consolidé par deux plates-bandes en fer; il porte sur les côtés deux pitons pour les retours des balancines, sur l'avant quatre pitons pour les retours de la guinderesse et du braguet, vers l'arrière deux autres pour les poulies supérieures des palans des drosses, un enfin à l'arrière pour la drisse de pic.

Mâts de hune. — Les mâts de hune (*pl.* 288, *fig.* 1441) sont toujours faits d'une seule pièce, afin d'éviter que la saillie des cercles ne gêne pour amener la vergue de hune. Les dimensions des mâtures actuelles permettent d'obtenir facilement des mâts de hune d'une seule pièce.

La partie inférieure du mât, ou *caisse*, est à 8 pans; elle passe dans la cheminée, et est percée d'un trou rectangulaire *a*, qui reçoit la clef. Dans la caisse est pratiqué à 45 degrés du plan diamétral un clan à rouet *c*; un clan perpendiculaire au premier *d* se trouve un peu plus haut que la caisse; ils sont destinés aux retours de la guinderesse. La caisse porte à sa partie inférieure une engoujure *b* pour le *braguet*, cordage de sûreté, qui sert à empêcher le mât de retomber sur le pont quand on le guinde, si la *guinderesse* vient à casser.

Au-dessus de la caisse, le mât devient circulaire; cette partie du mât porte le nom de *guindant*. Son diamètre va en diminuant à partir du chouquet; il porte un renflement *e* appelé *noix*, sur lequel reposent les barres, dont le diamètre est inférieur d'un centimètre à celui du fort, afin qu'elle puisse passer dans le chouquet du bas mât. A partir de la noix vient le ton *f*, qui a une section carrée, enfin un tenon *g*, sur lequel se place le chouquet de hune. Un manchon de capelage en fer entoure le ton au portage des haubans de hune.

Le mât de hune est relié au bas mât par son double encastrement au chouquet et à la cheminée, et par la clef qui l'empêche de redescendre; il est toujours placé sur l'avant du bas mât.

Barres de perroquet. — Les barres de perroquet (*pl.* 287, *fig.* 1442), dont le rôle pour le mât de perroquet est analogue à celui de la hune pour le mât de hune, se composent d'un croissant *a*, de deux élongis *bb* et de deux barres *cc*, de deux entretoises placées par-dessous, le tout chevillé ensemble; elles se capellent sur la noix du mât de hune, avec interposition d'une plate-bande en fer. Au bout de chaque barre est pratiquée une engoujure *d*, sur laquelle passent le galhauban étranglé de cacatois, et celui de perroquet.

Chouquet du mât de hune. — Le chouquet du mât de hune (*pl.* 289, *fig.* 1443) a une forme analogue à celle du chouquet du bas mât; il porte latéralement sur sa frette deux pitons à cosse, sur lesquels sont estropées les poulies de palanquin, et en dessous deux pitons de guinderesse.

Mâts de perroquet. — Le mât de perroquet (*pl.* 288, *fig.* 1444) a à sa partie inférieure une caisse carrée, percée de deux trous *a*, l'un pour une clef fixe analogue à celle du mât de hune; l'autre reçoit deux clefs à charnière (*pl.* 289, *fig.* 1445), qui servent en rade pour les manœuvres, et que l'on peut faire basculer facilement, en larguant un aiguilletage.

Un peu au-dessus de la caisse (*pl.* 288, *fig.* 1444) se trouve un clan oblique *b* pour la guinderesse. Le guindant a son fort au passage du chouquet; la noix, sur laquelle repose le capelage de perroquet, renforcée par deux cercles, est percée d'un clan *c*, dans lequel passe la drisse de perroquet. Le mât se prolonge au-dessus de la noix, et forme une flèche *d*, qui porte le cacatois, dont la drisse passe dans un clan *e*, pratiqué à la tête du mât.

Sur la tête du mât se capelle un gobelet ou *chape* (*pl.* 288, *fig.* 1446), dans laquelle est tenue par un ressort la verge du paratonnerre; un disque percé de clans pour drisses de pavillon, et une girouette complètent le mât. La *chaîne de paratonnerre*, petit cordage en fil de cuivre, descend le long des galhaubans; son extrémité est mise à la mer, quand le temps est à l'orage.

Le mât de perroquet est maintenu, comme le mât de hune, par la cheminée, le chouquet et la clef. Dans les mâtures réglementaires, il est toujours placé sur l'avant du mât de hune. Sur quelques navires de commerce, et sur certains navires étrangers, on le met sur l'arrière, afin de pouvoir, en l'amenant, le faire reposer sur le ton du bas mât.

Beaupré. — Le beaupré (*pl.* 289, *fig.* 1447), comme les bas mâts, est tantôt fait d'une seule pièce, et tantôt d'assemblage ; à son extrémité inférieure il porte un tenon *a*, engagé dans un chambrage ou *emplanture ;* son extrémité supérieure porte un chouquet vertical *b*, auquel il est relié par une cheville oblique. Le tenon supérieur a en dessous la forme d'un cylindre parallèle à l'axe du mât. De chaque côté du beaupré, et près de son extrémité, se trouvent deux taquets *c* chevillés l'un par l'autre, appelés *violons*, dans lesquels passent les étais du petit mât de hune. Une jumelle est placée sur le beaupré, du chouquet à la muraille.

Bout-dehors. — Le bout-dehors, ou bâton de grand foc (*pl.* 289, *fig.* 1448), est toujours d'une seule pièce ; il passe dans le chouquet ; il est maintenu par un *braguet* en chaîne, maillé sur deux pitons d'un cercle du beaupré, et passant dans une engoujure *a* de sa caisse, et par une *velture* en cordage qui l'embrasse, ainsi que le beaupré. Il est maintenu parallèle au beaupré par un taquet en forme de croissant. Le bâton de foc est percé d'un clan *b* pour la guinderesse, un peu en avant de l'engoujure du braguet ; à son bout extérieur, il a une engoujure pour l'étai du petit mât de perroquet, et un clan *c*, dans lequel passe soit la draille, soit l'itague d'amure du grand foc.

Quelquefois, sur les petits navires, le bout-dehors a une noix et une flèche, et fait l'office de bout-dehors de clin-foc ; souvent aussi le bout-dehors de clin-foc (*pl.* 289, *fig.* 1449) est une pièce particulière, qui passe dans un blin en fer, à l'extrémité et sur le côté du bout-dehors de grand foc. L'extrémité du bâton de clin-foc porte un clan *a* pour draille de clin-foc, et une engoujure *b* pour l'étai de flèche du petit mât de perroquet.

La longueur de la caisse du bout-dehors de clin-foc est calculée pour qu'il vienne buter contre le chouquet de beaupré, où il est encastré entre des taquets. Il est d'ailleurs bridé par une velture sur le bout-dehors de foc.

Basses vergues. — Les basses vergues (*pl.* 290, *fig.* 1450) reçoivent les noms de *vergue de misaine, grand'vergue, vergue sèche* ou *barrée ;* cette dernière ne porte pas de basse voile. Quand elles sont d'assemblage, elles sont carrées dans la partie centrale ; quand elles sont d'une seule pièce, elles sont de révolution dans cette partie ; au milieu se trouve un cercle en fer, auquel se fixe la suspente.

Pour les protéger contre les frottements, on les garnit à l'arrière d'une jumelle *a* régnant sur sur les $\frac{61}{100}$ de la longueur, et de trois autres *b* sur les trois autres côtés, régnant sur $\frac{28}{100}$ de la longueur ; entre les jumelles se placent des lattes de remplissage *c*, longues de trois diamètres. Les jumelles sont tenues sur la vergue par des cercles.

Vers le bout, la vergue devient carrée, et reçoit sur l'arrière un chaumard à rouet *d* pour l'écoute de hunier ; plus en dehors on y perce un clan *e* pour palanquin.

Les basses vergues de misaine et de grand mât portent deux ferrures *f*, *g*, appelées *blins* pour bout-dehors de bonnettes. Le blin *d'en dedans* (*pl.* 290, *fig.* 1451) embrasse la vergue par un cercle, et a une ouverture à charnière, afin de pouvoir soulager le bout-dehors, quand on serre la basse voile. Le blin *d'en dehors* (*pl.* 290, *fig.* 1452) n'a pas de charnière ; il se capelle sur un carré porté par une ferrure à fourche, fixée sur le bout de la vergue ; l'un et l'autre ont à la partie inférieure



un galet de roulement. A la partie supérieure de la vergue (*pl.* 290, *fig.* 1450) sont cloués de distance en distance des taquets à double engoujure, sur lesquels on fixe avec des crampes les filières d'envergure sur l'avant, et de ris sur l'arrière. On les fixe aussi sur des pitons rivés aux cercles de la vergue.

Vergues de hune. — Les vergues de hune portent, d'après leurs voiles, les noms de vergues de *petit hunier*, de *grand hunier*, de *perroquet de fougue*.

La forme générale des vergues de hune (*pl.* 290, *fig.* 1453) est analogue à celle des basses vergues; elles sont également garnies de jumelles; elles portent au centre deux cercles *a a*, auxquels se fixent les poulies d'*itague de drisse*. L'extrémité est ronde, porte un chaumard *b* pour écoute de perroquet, un clan pour palanquin *c* et trois cercles à œil *d d d*, dans lesquels passent les *rabans d'empointures de ris*. Quelquefois, au lieu des cercles, on réserve sur la vergue des saillies ou taquets; on fait faire au raban plusieurs tours, en l'arrêtant sur le taquet correspondant. A l'extrémité se trouve une ferrure à branches avec carré *e*, pour recevoir le blin du bout-dehors; il n'y a qu'un blin.

Vergues de perroquet. — La vergue de perroquet (*pl.* 290, *fig.* 1454) a une jumelle à la partie supérieure; à son extrémité, elle porte un chaumard *d*, pour écoute de cacatois, et une ferrure à branches avec piton à œil *b*, pour drisse de bonnette.

Vergues de cacatois. — La vergue de cacatois n'a ni clan ni ferrure.

Cornes. — Les cornes des voiles auriques (*pl.* 290, *fig.* 1455) peuvent être installées à mâchoire ou à ferrure. Dans le premier cas, qui est celui de la corne de brigantine, la corne est complétée par deux taquets, et épouse la forme du mât, auquel elle est retenue par un racage. Dans la seconde disposition (*pl.* 291, *fig.* 1456), elle porte une ferrure à branches, terminée par un doigt à charnière, qui entre dans un piton porté par un cercle du mât; c'est ainsi que sont installées les cornes de misaine et de grand mât. L'extrémité de la corne de brigantine porte un clan pour *drisse de télégraphe*.

Gui. — Le gui (*pl.* 291, *fig.* 1457) embrasse le mât par une mâchoire *a* analogue à celle de la corne; il porte de chaque côté un taquet et un chaumard, servant au retour et au tournage des *balancines de gui*. A son extrémité est percé un clan *b* pour l'*écoute de brigantine*, qui est tournée à un taquet placé par dessous. Quand le gui est au repos, il appuie sur un *croissant* en fer (*pl.* 290, *fig.* 1458), porté par un montant chevillé sur le couronnement, qui le maintient assez haut pour ne pas gêner la circulation.

Phares abaissés. — Les dispositions réglementaires que nous venons d'indiquer sont quelque peu modifiées, quand on adopte le système de mâture à phares abaissés. Les principales différences sont les suivantes.

Phares carrés. — Les bas mâts en bois d'une seule pièce (*pl.* 291, *fig.* 1459-1460) ont le ton carré à angles arrondis; la noix est octogonale, les jottereaux sont obliques. Les bas mâts d'assemblage sont semblables à ceux du règlement de 1857.

Sauf dans le cas où on doit installer des canons-revolvers dans la mâture, la hune est remplacée par des *barres à capeler* (*pl.* 292, *fig.* 1461), formées de deux barres, de deux élongis et d'une guérite.

La forme des mâts de hune à flèche (*pl.* 291, *fig.* 1462-1463) est celle des mâts de perroquet du règlement de 1857; toutefois la caisse est octogonale. Ces mâts portent deux clans *a b* dans la

caisse pour la guinderesse, et un *c* dans la noix de perroquet pour la drisse. Le capelage des haubans de hune reçoit une *croisette* en fer (*pl.* 292, *fig.* 1464) et un manchon en laiton, et le capelage de perroquet une bague en fer.

Les basses vergues (*pl.* 292, *fig.* 1465) sont semblables aux anciennes; elles sont en outre munies d'une filière métallique en fer plat, qui sert à la fois de filière d'envergure et de filière de ris. Elles sont le plus souvent portées par des drosses en fer.

Les vergues de hune (*pl.* 292, *fig.* 1466) n'ont plus de clan pour palanquin, plus de ferrure à tige carrée, le bout-dehors de hune étant supprimé; il n'y a qu'une ferrure à œil *a*, il n'y a plus qu'un cercle pour poulie d'itague *b*. Comme les basses vergues, elles reçoivent une filière métallique.

Les vergues de perroquet n'ont plus de clan.

Toutes les cornes (*pl.* 292, *fig.* 1467) sont à mâchoire; quand elles sont employées comme cornes de brigantine, on ajuste un *fuseau* en fer, portant un clan pour drisse de pavillon.

Phares goëlettes. — Les bas mâts ont la noix ronde et sans jottereaux, et reçoivent une croisette en bois (*pl.* 292, *fig.* 1468); les *gaules*, qui les surmontent, ont la forme d'un mât de hune à ton racourci. Les chouquets sont en fer forgé.

Beauprés. — Les beauprés anciens et leurs accessoires sont semblables à ceux du règlement de 1857. Toutefois les bâtons de grand foc de transports n'ont pas de blin, et ont au bout une engoujure pour étai de flèche.

Les beauprés des croiseurs (*pl.* 293, *fig.* 1469) ne sont que des bouts-dehors de foc munis de violons; ils portent une clef, qui les maintient dans des bittons du pont, un cercle à piton pour haubans et un clan pour guinderesse. Les arcs-boutants de beaupré sont supprimés, on ne conserve que celui de martingale; les chouquets sont en fer forgé.

Mâts en tôle. — Depuis longtemps on a pensé qu'il serait avantageux de remplacer le mât en bois, composé de pièces multiples, qui peuvent ne pas travailler toutes ensemble, par un tube en tôle, dont les assemblages rivés font un tout parfaitement résistant. Pour les navires de commerce, la rareté et le prix toujours croissant des fortes pièces de mâture nécessitaient la recherche des moyens d'y suppléer. Dans les marines de guerre, et en particulier dans la nôtre, ce motif n'existe pas; mais la possibilité d'utiliser les mâts comme cheminées d'aérage, de les rendre assez solides pour pouvoir supprimer une partie de la basse carène, gênante pour le tir de l'artillerie des gaillards, enfin dans ces derniers temps la nécessité d'installer l'artillerie légère dans les hunes font souvent construire les mâts en tôle de fer ou d'acier. Le poids des mâts en tôle diffère peu de celui des mâts en bois qu'ils remplacent; leur durée est infiniment plus grande.

Les mâts (*pl.* 293, *fig.* 1470 à 1472) sont composés, suivant leur diamètre, de 3 ou 4 virures de tôle, qui s'assemblent à recouvrement, avec une rangée de rivets longitudinaux; les différentes tôles de chaque virure, que l'on fait aussi longues que possible, et dont on décroise les joints, sont réunies par des couvre-joints intérieurs à 2 ou 3 rangs de rivets. Souvent on double les tôles à la hauteur des ponts, afin de parer à la corrosion, que le séjour des eaux de lavage et de pluie ne tarde pas à produire; on peut aussi se contenter de doubler les virures intérieures, de manière à donner au mât une surface lisse, sur laquelle portent les coins.

Pour donner de la raideur au mât, on place à l'intérieur comme armature longitudinale 3 ou 4 cornières, ou des fers à T, qui peuvent faire l'office de couvre-joints, et permettent d'assembler les tôles à franc-bord. Souvent aussi on ajoute soit des bandes de tôle (*pl.* 293, *fig.* 1473-1474), soit des cercles horizontaux en tôle ou en cornière, qui réunissent les cornières longitudinales; quelquefois aussi on ne met pas de cornières, et on prend des tôles plus épaisses en conséquence. Il est bon de



fixer sur les cornières des échelons en fer rond, qui servent pour l'entretien de la peinture intérieure du mât, qu'il convient de ne jamais négliger.

A l'extrémité supérieure (*pl.* 293, *fig.* 1475), le mât est quelquefois protégé contre l'introduction des eaux de pluie par un capuchon en tôle, soutenu par des équerres en fer, qui le maintiennent à distance convenable pour la circulation de l'air. Au pied (*pl.* 293, *fig.* 1476), le mât repose sur une emplanture en tôle; il est fermé par une rondelle portant une ouverture carrée, garnie d'un cadre en cornière, qui emboite un cadre de même forme rivé sur l'emplanture. Le mât ne peut tourner; mais on ne peut faire varier son inclinaison.

Quelquefois on ne descend pas jusqu'à la carlingue, et quand on a un pont solide, tel qu'un pont blindé, on y fait reposer le mât. Nous donnons la disposition des mâts du Sfax (*pl.* 294, *fig.* 1477 à 1480); à leur partie inférieure, ils sont évasés, et viennent se river sur le pont blindé; les armatures en cornières ne règnent pas sur toute la longueur.

Les jottereaux se composent de taquets en tôle et cornières, rivés de chaque côté du mât; on place quelquefois des élongis en bois au-dessus des jottereaux, quelquefois directement des barres en bois, sur lesquelles repose une hune ordinaire. Quelquefois aussi on fait la hune en tôles et cornières.

Sur les grands cuirassés sans mâture, le mât (*pl.* 293, *fig.* 1481-1482) ne porte plus de voilure, à part quelquefois une goëlette; il sert de support à une large hune de forme circulaire, dans laquelle on installe des canons-revolvers, protégés par des écrans en tôle, et souvent à une seconde hune d'un plus faible diamètre, munie comme la première d'un parapet en tôle d'acier chromé de 4 millimètres, et destinée à la mousqueterie. Il sert aussi quelquefois à porter des mâts de charge pour la mise à bord des embarcations, quand les formes de la muraille ne permettent pas les dispositions ordinaires.

L'intérieur du mât sert au passage des munitions des hunes, et à la ventilation du fond du navire.

Nous donnons la disposition du mât du Tonnant, installé pour recevoir quatre canons-revolvers. Ce mât est rivé au pont blindé, et fixé par des taquets; deux portes, l'une à la base, l'autre à la hauteur de la hune, et des marches en fer rond permettent d'y circuler.

Nous donnons ci-dessous les échantillons fixés par le Veritas pour les mâts en fer.

LONGUEUR, du pont de coinçage au-dessus des jottereaux.	MATS CONSTRUITS AVEC DES CORNIÈRES											MATS SANS CORNIÈRES							
	AU PIED.		A L'ÉTAMBRAI.		AU CAPELAGE.		AU TON.		CORNIÈRES.			AU PIED.		A L'ÉTAMBRAI.		AU CAPELAGE.		AU TON.	
	Diamètre.	Épaisseur.	Diamètre.	Épaisseur.	Diamètre.	Épaisseur.	Diamètre.	Épaisseur.	Dimensions.	Poids.	Nombre.	Diamètre.	Épaisseur.	Diamètre.	Épaisseur.	Diamètre.	Épaisseur.	Diamètre.	Épaisseur.
m	cm	mm	cm	mm	cm	mm	cm	mm		kg		cm	mm	cm	mm	cm	mm	cm	mm
10,80	40	6	53	8	42	6	35	6	60 × 60 × 8	7,1	3	44	8	*54	9,5	46	8	38	8
11,90	44	6	58	9	47	6	39	6	75 × 70 × 8	9,0	3	47	8	63	9,5	51	8	41	8
12,95	48	8	63	10	51	8	43	8	75 × 75 × 9,5	10,5	3	51	10	68	11	55	10	46	10
14,00	52	9	71	11	56	9	47	9	90 × 90 × 11	14,7	3	Les mâts de 14 mètres et au-dessus sont construits avec des cornières.							
14,90	56	10	76	11	60	10	50	10	100 × 90 × 11	15,3	4								
16,00	60	11	81	12	65	11	54	11	100 × 100 × 12,5	18,9	4								

Pour les mâts construits avec des cornières, les joints n'ont qu'un rang de rivets, les abouts deux rangs, et trois rangs sur un quart de la longueur au-dessus de l'étambrai.

Pour les mâts sans cornières, tous les joints ont deux rangs de rivets, et les abouts sont rivés comme les précédents.

Une virure doublante est placée à l'étambrai.

Pour les navires à vapeur, une réduction d'un huitième sur le diamètre est admise.

Pour les mâts en acier, il est admis une réduction de 25 0/0 sur les épaisseurs, les diamètres restant les mêmes.

Les épaisseurs des mâts construits dans les arsenaux sont notablement plus faibles : pour des mâts de 20 mètres de chute, on ne dépasse guère une épaisseur de 9 millimètres au fort, épaisseur qui se réduit à 7 millimètres aux extrémités.

Mâts tripodes. — Il est souvent nécessaire, pour assurer le tir en chasse, de pouvoir se débarrasser au moment du combat des étais de misaine. Pour pouvoir supprimer les étais des mâts supérieurs, il suffit de dépasser le mât de perroquet, et de caler le mât de hune. Il n'est possible de supprimer les étais du bas mât, que s'il est soutenu sur l'arrière par des arcs-boutants rigides, jouant le rôle de haubans, et empêchant la tête du mât de fouetter au tangage. Le mât et ses arcs-boutants constituent un trépied, qu'on ne peut assembler solidement que s'il est en tôle.

Le mât (*pl.* 295, *fig.* 1483-1484) est formé comme à l'ordinaire d'un tube en tôle. Un peu au-dessous de la hune, il reçoit l'aboutissement des arcs-boutants, qui vont tomber sur le pont en des points spécialement consolidés, et reliés à la muraille par des consoles ou taquets. Pour faciliter le montage de cet ensemble, on fractionne souvent chaque arc-boutant en trois parties, l'une rivée au mât, l'autre boulonnée sur le pont, la troisième boulonnée aux deux premières au travers de brides en cornières.

Les mâts tripodes, très en faveur au début, le sont moins, depuis qu'on a reconnu que le peu d'extensibilité des arcs-boutants est dans les grands roulis une cause de fatigue pour leurs attaches et le boulonnage des collerettes ; on a remarqué que les boulons cassent fréquemment, et qu'il est nécessaire de vérifier souvent leur état. Aussi installe-t-on, concurremment avec les arcs-boutants, quelques haubans en fil de fer, utiles d'ailleurs pour installer les enfléchures. Si le tir du canon l'exige, on dispose leurs points d'attache de manière à pouvoir facilement les larguer au moment du combat.

Beauprés en tôle. — Les beauprés en tôle sont d'un usage fréquent sur les navires cuirassés, qui ont un canon de chasse sous la teugue, ce qui rend impossible la rentrée à bord d'un beaupré, et l'installation ordinaire de l'emplanture. Il est avantageux dans ce cas d'employer un beaupré en tôle, de forme ordinaire en dehors de l'étrave, qui vient en s'élargissant rencontrer le bordé en tôle du pont, consolidé en cet endroit, auquel il est relié par une collerette en cornière.

Impossibilité de se débarrasser des mâts en fer. — La seule objection sérieuse faite à l'emploi des mâts en fer a été l'impossibilité de couper la mâture, et de la jeter à l'eau, si le navire vient à engager. Aussi a-t-on proposé divers systèmes, dans lesquels les mâts se composaient de deux parties assemblées au-dessus du gaillard par un joint facile à larguer. Les dispositions de ce genre offrent peu de garanties de solidité en temps ordinaire, et de bon fonctionnement au moment du besoin. D'ailleurs les proportions des mâtures actuelles, si faibles relativement à celles de l'ancienne marine, ne permettent guère de prévoir une pareille éventualité.

Vergues en fer. — On trouve quelquefois à bord des navires de commerce des vergues en

tôle ; elles sont d'une exécution plus difficile que les mâts, à cause de la décroissance rapide du diamètre vers chaque bout, et de la difficulté du rivetage si le diamètre est trop faible. Les ferrures de toute espèce sont moins faciles à fixer, et quelques soins que l'on prenne pour les joints, les tôles présentent toujours quelques arêtes aiguës, sur lesquelles la toile s'use rapidement. On ne fait aucun usage des vergues en tôle dans notre marine.

Nous indiquons ci-dessous les dimensions prescrites par le Veritas pour les vergues en fer pour navires à voiles.

LONGUEUR de la vergue.	AU MILIEU.		A L'EXTRÉMITÉ.	
	Diamètre.	Épaisseur.	Diamètre.	Épaisseur.
m	cm	mm	cm	mm
14,60.	30	6	15	3
17,10.	35	6	18	3
19,50.	40	8	20	4
22,00.	46	9	23	4
24,40.	51	10	25	4
26,80.	56	11	28	6
29,30.	61	12,5	30	6

CHAPITRE LIII.

GRÉEMENT. — TENUE DES MATS. — DORMANT.

Dormant. — Les bas mâts sont encastrés dans leur emplanture et aux étambrais, dont le principal est celui des gaillards; cette tenue n'est pas suffisante, car ainsi que les mâts supérieurs, ils ont à résister à des efforts de flexion et de torsion de diverses natures. La tension des haubans et des étais, le poids du gréement, des vergues, de la voilure produisent une charge de bout. Dans le tangage et le roulis, les variations de vitesse dans chaque oscillation donnent naissance à des forces d'inertie, qui tendent à fléchir les mâts. Les voiles auriques et les voiles carrées, soumises à l'action du vent, tendent à courber les mâts dans une direction perpendiculaire à celle des vergues; cet effort est en partie contrebalancé par l'action des bras et des écoutes des basses voiles; mais celui des voiles supérieures est supporté tout entier soit par le mât qui les porte, soit par celui sur lequel les bras font retour. Enfin, la direction de la résultante de l'action du vent sur les voiles ne rencontrant généralement pas le mât, sauf vent arrière pour les voiles carrées, il en résulte des efforts de torsion, qui tendent à dévirer les mâts.

Pour résister aux efforts de flexion, on soutient la tête des mâts au moyen de cordages appelés *haubans* et *galhaubans*, quand ils sont placés par le travers, *étais* quand ils vont tomber sur l'avant. Leur disposition est étudiée de manière à ne pas gêner le *brasseyage* des vergues des voiles carrées, qui doivent pouvoir être portées jusqu'à 30° sur l'arrière du travers de chaque bord. L'ensemble de ce gréement porte le nom de *dormant*.

Sur les navires mâtés suivant le règlement de 1857, l'*épatement* des dormants, ou l'angle fait avec l'axe du mât, est fixé de la manière suivante.

GRÉEMENT.		VAISSEAUX.	FRÉGATES.	CORVETTES.
Haubans	Épatement longitudinal du dernier	27°	21°	23°
	— transversal	20 à 21°	20 à 21°	20 à 21°
Galhaubans de hune	— longitudinal du dernier	15 à 17°	14 à 16°	14 à 15°
	— transversal	11 à 13°	13 à 14°	13°
Étais	— longitudinal	52°	45 à 50°	48 à 50°

Sur les navires à phares abaissés, les épatements sont les suivants :

	Phares carrés.	Phares goëlettes.
Haubans, épatement transversal.	16 à 18°	15° au moins
Galhaubans, épatement transversal.	un peu supérieur à celui des haubans de hune.	
	Mât de misaine.	Grand mât.
Étais, épatement longitudinal.	52 à 60°	55°

Quant à l'épatement longitudinal des haubans, il est réglé de la manière suivante. Si on désigne par D la distance qui sépare le pied du mât de l'aboutissement de son étai, et d celle qui sépare le pied du mât de l'aboutissement d'un hauban projeté sur le diamétral, il faut que l'on ait :

$$\Sigma d = 0{,}7 \text{ à } 0{,}8\,D.$$

Étais des bas mâts. — Les étais, plus longs que les haubans et par suite plus extensibles, risquent beaucoup moins d'être cassés au tangage ; il n'y en a qu'un pour le mât d'artimon, deux pour chacun des autres mâts ; ils ne sont chargés par les voiles que si celles-ci viennent à masquer, mais supportent des efforts brusques dus au tangage.

Les étais de misaine (*pl.* 294, *fig.* 1485) partent du capelage, et vont tomber sur le beaupré à la hauteur d'une des sous-barbes, ou sur l'étrave si le beaupré est du système des croiseurs ; dans le premier cas, un bout de chaîne, bagué sur le beaupré, porte des ridoirs, qui servent à les raidir. Les étais de grand mât et d'artimon viennent tomber sur le pont chacun au pied du mât placé sur l'avant ; si les grands étais viennent rencontrer la cheminée, on les sépare de manière à l'éviter.

Les étais étaient autrefois en filin, sauf dans la partie exposée aux gaz chauds de la cheminée, que l'on faisait en chaînes ; ils sont tous en fil de fer aujourd'hui.

Haubans. — Le nombre des haubans de bas mât est fixé par le règlement, et monte à neuf pour les catégories les plus élevées ; le premier hauban vient tomber par le travers de la génératrice arrière du mât ; les suivants sont espacés régulièrement, autant que possible, en ayant soin que leurs attaches ne gênent pas le tir des canons de la batterie.

Les haubans, comme les étais, sont en cordages de fil de fer ; chaque paire de haubans consécutifs du même bord (*pl.* 296, *fig.* 1486) est faite d'une seule pièce de cordage, dans le milieu de laquelle on fait par un amarrage une boucle, que l'on capelle sur la tête du mât. Quand le nombre des haubans est impair, les deux derniers haubans (*pl.* 296, *fig.* 1487) sont faits d'une seule pièce, et un morceau de cordage, réuni au hauban par deux épissures, complète le capelage. Les haubans sont passés par paires appartenant alternativement à tribord et à bâbord ; ils portent sur un garni arrondi en sap, qui repose sur les élongis. Avec cette disposition, un hauban avarié ne peut être enlevé qu'en dégréant plusieurs, quelquefois en les enlevant tous. Pour éviter cet inconvénient, dans le gréement des phares abaissés, on capelle sur le mât une série d'estropes (*pl.* 296, *fig.* 1488), portant de chaque bord un croc, auquel se croche une paire de haubans, dans le double de laquelle on a engagé une cosse.

Porte-haubans. — Pour obtenir un épatement suffisant, on est le plus souvent obligé d'élargir le navire, en ajoutant de chaque côté une plate-forme appelée *porte-haubans* (*pl.* 297, *fig.* 1489), composée de bordages appliqués de champ, et chevillés horizontalement au travers de la muraille et de la fourrure de gouttière ; ils sont soutenus par des arcs-boutants obliques en fer.

Quand il y a une dunette, les porte-haubans d'artimon sont à la hauteur du pont de la du



nette. Sur les bâtiments très ras sur l'eau, les porte-haubans reçoivent des coups de mer dangereux, que l'on atténue en ajoutant par-dessous des garnis en plan incliné.

Les porte-haubans, qui sont toujours une saillie incommode, ne sont installés que quand ils sont nécessaires pour fournir de l'épatement aux haubans et galhaubans. Toutes les fois que la mâture a peu d'importance, les chaînes de haubans, qui se réduisent souvent à une simple patte en fer plat, sont fixées directement sur le bordé extérieur.

Souvent aussi les haubans viennent tomber à l'intérieur de la muraille (*pl.* 297, *fig.* 1490) sur la fourrure de gouttière, ou même plus en dedans, quand il est nécessaire de dégager le tir suivant l'axe de pièces placées en abord dans des tourelles; tel est le cas des corvettes cuirassées, type Alma, de l'Océan, du Marengo, etc. Dans ce cas, les caps de mouton sont fixés sur des épontilles à tirant, qui réunissent les barrots des deux ponts supérieurs.

Chaînes ou cadènes des haubans. — Les haubans sont réunis à leur extrémité inférieure à un bout de chaîne à maillons allongés (*pl.* 298, *fig.* 1491-1492), ou à maillons à étai réglementaires (*pl.* 298, *fig.* 1493-1494), terminé par une pièce plate à œil allongé, qui embrasse un boulon à T. Ce boulon à T est lui-même soutenu par une pièce plate *c*, dans laquelle passe un peu plus bas une cheville. On a ainsi une attache solide, d'où on peut dégager facilement la chaîne, en faisant pivoter le boulon à T, de manière à le présenter parallèlement à l'œil, et en le dégageant de la pièce *c*.

La cadène de hauban est dirigée dans le plan du hauban et du mât, toutes les fois qu'aucun obstacle ne s'y oppose. Si un sabord se trouve en dessous (*pl.* 297, *fig.* 1489), la cadène est divisée en deux en formant une patte d'oie.

Caps de mouton. — L'attache des haubans sur leurs chaînes se fait au moyen d'organes permettant de leur donner une tension initiale suffisante, et de reprendre les mous, qui se produisent par suite de leur allongement, et qui, par grands roulis, pourraient causer de graves accidents. Le système de ridage le plus employé est le *cap de mouton;* il se compose de deux disques lenticulaires en bois, percés l'un et l'autre du même nombre de trous. L'un d'eux, le cap de mouton *ferré* (*pl.* 297, *fig.* 1495) est garni sur son contour d'une estrope en fer, qui se maille sur la chaîne; l'autre le cap de mouton *à corde* (*pl.* 297, *fig.* 1496) a une engoujure circulaire, contournée par l'extrémité du hauban, qui, après avoir fait un tour mort sur elle-même, est fixée par plusieurs amarrages. Un cordage de petite dimension ou *ride*, passe alternativement dans les trous correspondants des deux caps de mouton; il donne une certaine élasticité aux haubans métalliques, qui en manquent. Les caps de mouton se font habituellement en bois; on a quelquefois recours à des caps de mouton en fonte malléable, de même forme extérieure, qui pour les grosses dimensions peuvent être plus légers. Sur les navires anglais on emploie souvent des caps de mouton de forme un peu différente des nôtres, en fonte malléable (*pl.* 299, *fig.* 1497).

Quand on veut rider les haubans, on fouette sur chacun d'eux un palan (*pl.* 299, *fig.* 1498), au croc duquel est fixé le bout de la ride; un second palan agit sur le garant du premier, et, par cette multiplication de l'effort, on arrive à donner au hauban une tension considérable; on a soin de rider simultanément les haubans symétriques, et de contretenir le mât sur l'avant au moyen de caliornes. Pendant le ridage, les mâts doivent être libres dans leurs étambrais; une fois qu'on s'est assuré que leur axe est resté rectiligne, on taille des coins, qui garnissent le vide qui subsiste dans l'étambrai, et dont on recouvre la tête d'une braie en cuir.

Ridoirs. — On a reproché aux caps de mouton de ne pas permettre une reprise graduelle du mou des haubans, aussitôt qu'il devient sensible; on a objecté aussi qu'ils étaient encombrants



et lourds à l'œil. On leur a substitué des appareils métalliques appelés *ridoirs*, qui sont de divers systèmes.

Le ridoir *à crémaillère* (*pl.* 299, *fig.* 1499) se compose d'une tige fixée au hauban, qui peut coulisser le long d'une crémaillère portée par la chaîne, et crocher une manille fixée à son extrémité aux différentes dents de la crémaillère ; un levier spécial sert à faire la manœuvre.

Dans le ridoir Chariot (*pl.* 299, *fig.* 1500-1501), le hauban porte un bout de chaîne terminé par une vis ; la cadène de hauban est prolongée par un cadre en fer forgé, que traverse le bout de chaîne par un évidement ménagé à la partie supérieure. L'écrou de la vis porte sur deux saillies du cadre, et en le tournant on donne au hauban la tension nécessaire ; on le maintient au moyen d'une clavette traversant un maillon, et reposant sur une chape à encoches échelonnées de manière à soutenir la clavette, quelle que soit la hauteur du maillon qui est entré dans le cadre.

Ridoirs à vis. — On obtient un ridage encore plus gradué au moyen des ridoirs à vis. Dans les ridoirs *à vis découverte* (*pl.* 299, *fig.* 1502), la vis, fixée au hauban par une manille, est creusée de deux cannelures longitudinales, dans lesquelles coulissent les branches d'une fourche maillée sur la chaîne de hauban ; l'écrou bute sur l'extrémité de cette fourche ; on le fait tourner au moyen d'une tige, qu'on engage dans des trous ronds percés sur sa circonférence.

Les ridoirs réglementaires *à vis couverte* (*pl.* 300, *fig.* 1503) ont l'avantage de protéger complètement la vis contre l'humidité et l'oxydation. L'extrémité du hauban est amarrée sur une cosse, dans laquelle passe une manille à émerillon, qui porte une vis à pas fin. Celle-ci s'engage dans un écrou taraudé à l'extrémité d'un long tube en fer, maillé à son extrémité par une manille sur la chaîne de hauban. Pour protéger la vis contre l'humidité, on fixe, au moyen de prisonniers, un fourreau en tôle mince, qui la recouvre complètement, même quand elle est à bout de course. La barre de manœuvre passe dans une douille portée par la vis ; quand on n'a pas à s'en servir, on la rabat parallèlement au ridoir, pour qu'elle ne cause aucune gêne ; l'émerillon permet de faire tourner la vis, sans entraîner la cadène, et sans diminuer ni augmenter la torsion du hauban. Il existe aussi d'anciens modèles de ridoirs à double vis.

Pour les sous-barbes et haubans de beaupré, on emploie des ridoirs *à lanterne* (*pl.* 300, *fig.* 1504), qui ont une course beaucoup plus faible, et que l'on manœuvre en engageant un bout de fer entre les deux branches de la lanterne.

Les ridoirs à vis ont l'inconvénient de donner avec un faible effort une tension considérable, dont on ne connait pas l'intensité, et qui peut fatiguer les haubans, les mâts et, ce qui est encore plus grave les fonds du navire ; manœuvrés sans précaution, ils peuvent donner du contre-arc à la quille, et faire ouvrir les écarts des galbords.

Enfléchures. — Les haubans une fois raidis, on établit les échelons, ou *enfléchures* (*pl.* 299, *fig.* 1505), qui servent à monter dans la mâture ; les enfléchures sont formées d'un quarantenier amarré sur les haubans extrêmes, et embrassant chacun des intermédiaires par deux demi-clefs. A la partie inférieure on laisse quelques vides au-dessus du bastingage, pour pouvoir passer de l'intérieur à l'extérieur des haubans ; on y arrive par une échelle à barreaux ronds en bois.

Haubans de hune. — Les haubans de hune (*pl.* 301, *fig.* 1506), analogues aux bas haubans, au nombre de trois ou quatre de chaque bord, viennent se rider à des caps de mouton, dont l'inférieur est maillé à une latte en fer, qui passe dans une mortaise pratiquée dans la guérite de la hune. Dans un œil de cette latte se croche la *gambe de revers*, qui vient passer dans une des cosses du *cercle de trelingage*, se replie sur elle-même et est fixée par un amarrage à plat ; dans les phares abaissés la gambe de revers est remplacée par une tringle en fer rond (*pl.* 296, *fig.* 1488).

Les œils des haubans de hune d'un même bord forment une galette plate (*pl.* 300, *fig.* 1507), afin de réduire la hauteur du capelage.

Galhaubans de hune, de perroquet, de flèche. — Les galhaubans de hune partent du capelage du mât de hune (*pl.* 300, fig. 1508), et viennent se rider sur les porte-haubans ou sur la muraille, comme les haubans. Le premier galhauban de hune *abcd*, appelé galhauban *à la mauresque* ou galhauban *étranglé*, gênerait le brasseyage de la basse vergue, si on n'avait soin de le faire porter sur le taquet à engoujure de la hune, et de le ramener dans le plan des haubans, en le faisant passer dans un margouillet *c* estropé sur le mât. Il descend entre les deux premiers haubans de hune, et vient se rider sur palan à l'arrière du premier bas hauban ; il peut être largué ou ridé à volonté. Un autre galhauban non étranglé *ad* vient se rider à l'arrière des bas haubans ; un galhauban intermédiaire passe entre les deux premiers. Dans les mers dures, on ajoute quelquefois un galhauban supplémentaire, confectionné avec une aussière.

L'un des galhaubans de perroquet *efgh* est étranglé ; il passe sur une engoujure du traversin arrière, puis dans une moque *g*, estropée au-dessous de la noix ; il descend le long du mât, et se ride à son pied. L'autre tombe sur l'arrière des galhaubans de hune, et se ride sur un piton du porte-haubans. Les galhaubans de flèche sont disposés de la même manière.

Étais des mâts supérieurs. — L'étai du perroquet de fougue (*pl.*.294, *fig.* 1485) se capelle sur le mât, et va passer dans une moque estropée entre les œillets des haubans du grand mât ; il est bridé sur lui-même par des amarrages à plat.

L'étai du grand mât de hune passe dans un margouillet estropé au capelage de misaine, et se raidit au pied du mât par un ridoir.

Les étais de perruche et de cacatois de perruche vont passer dans des margouillets aiguilletés au ton du bas mât, et se rident à la cosse d'une estrope au capelage. Les étais de grand perroquet et de grand cacatois vont se fixer de même sur le mât de misaine.

L'étai du petit cacatois *abcd* (*pl.* 301, *fig.* 1509) passe dans l'engoujure de l'extrémité du bout-dehors de clin-foc, puis dans la seconde mortaise de la martingale, et se raidit sur la cosse de la sous-barbe du bâton de grand foc.

L'étai du petit perroquet *efgh* passe dans l'engoujure de l'extrémité du bout-dehors de grand foc, puis dans un clan de la martingale, et vient se fixer à un piton sur les apôtres.

Les étais du petit mât de hune *ijk* vont passer dans les violons, élongent le beaupré et se rident avec un ridoir sur les apôtres.

Tenue du phare de beaupré. — La tenue du beaupré a une grande importance sur les navires à mâture carrée complète ; ce mât recevant l'étai de misaine, il en résulte que sa chute entraînerait celle du phare de misaine et du phare supérieur du grand mât. C'est pour cela qu'on l'appelle quelquefois la clef de la mâture.

Nous avons déjà indiqué que le beaupré était engagé dans un chambrage, et tenu par une liure, qui passe dans une mortaise de la guibre, quand celle-ci existe.

Le beaupré est soutenu contre l'effort des étais, et la composante de soulèvement des focs par les *sous-barbes*, contre les fouettements latéraux, et la composante horizontale des focs par les *haubans de beaupré*.

Sous-barbes. — La sous-barbe extérieure tombe sur le beaupré aux violons ; la sous-barbe intérieure à une distance du chouquet variant du quart au tiers de la saillie ; quant à la sous-barbe intermédiaire, elle se fixe aux quatre neuvièmes de la distance comprise entre la sous-barbe inté-



rieure et la sous-barbe extérieure. Leur direction est telle qu'elles aient le plus d'épatement possible, et qu'elles viennent aboutir sur le taille-mer ou sur l'étrave, assez haut au-dessus de la flottaison pour n'être pas habituellement mouillées.

Les sous-barbes sont raidies au moyen de *moques à engoujures* (*pl.* 300, *fig.* 1510-1511), sortes de caps de mouton à un seul trou ; l'une des moques est estropée sur le mât, l'autre sur la sous-barbe, et une ride passant dans les engoujures les réunit.

Les estropes sont retenues à leur place par des taquets, et une entaille dans la jumelle. Quand les sous-barbes sont exposées à être raguées par les chaînes, ou à être fréquemment mouillées par la mer, on les fait d'un bout de chaîne, que l'on maille sur un étrier, dont le boulon traverse l'étrave dans un trou remplaçant la mortaise.

Haubans de beaupré. — Les haubans de beaupré *no* (*pl.* 301, *fig.* 1509) sont formés de bouts de chaîne fixés à des estropes à cosse près de la sous-barbe intérieure, et vont tomber sur la joue du navire près des bossoirs.

L'épatement des haubans est de 30° ; on les place dans un plan un peu oblique à l'horizon, afin qu'ils contribuent à empêcher le beaupré de relever le nez.

Arcs-boutants de beaupré et de martingale. — Le bout-dehors et le bâton de clin-foc sont maintenus (*pl.* 301, *fig.* 1509) au moyen de sous-barbes appelées *martingales*, et de haubans appelés *moustaches*, auxquels on donne l'épatement nécessaire, en les faisant brider sur des arcs-boutants portés par le beaupré.

Les arcs-boutants de beaupré ont pour longueur la demi-saillie du bout-dehors ; ils sont fixés par une ferrure à piton normalement au beaupré, dans un plan un peu oblique à l'horizon, à une distance du chouquet égale au quart de la saillie du beaupré. L'arc-boutant de martingale est croché en dessous du chouquet, normalement au beaupré, quelquefois verticalement.

Haubans du bout-dehors de grand foc. — Le bout-dehors a deux paires de haubans ; chaque paire est formée d'un seul bout de filin, capelé sur le bout-dehors, et embrassant l'arc-boutant de beaupré par un œil fait au moyen de deux amarrages ; ils se séparent ensuite, et viennent se rider l'un *fpr* (*pl.* 301, *fig.* 1509) sur la muraille près du bossoir, l'autre *fpq* plus bas, après avoir fait retour sur une poulie fixée à la guibre.

Sous-barbes. — La sous-barbe *fvd* est double, se capelle par un œillet sur l'extrémité du bout-dehors ; les deux brins passent de chaque côté de l'arc-boutant de martingale, et sont fixés par des amarrages, puis les bouts se séparent, et vont se rider près des bossoirs.

Tenue du bout-dehors de clin-foc. Martingale. — Le bout-dehors porte une paire de haubans simples *stu*, qui passent dans un trou à l'extrémité des arcs-boutants de beaupré, puis vont se raidir sur les bossoirs.

La martingale *sxd* part du capelage du bout-dehors, passe dans un trou de l'arc-boutant de martingale et va se raidir à un piton sur l'étrave.

Cordages en fil de fer. — Toutes les pièces du dormant sont aujourd'hui confectionnées en aussières (*pl.* 299, *fig.* 1512-1513) formées de fils de fer zingué, dont les diamètres varient de 9 à 42 dixièmes de millimètre ; chaque cordage se compose de 3 à 6 torons, tordus à gauche et commis à droite ; aucune pièce n'est commise en grelin. Au centre se trouve une âme en chanvre, qui comble le vide intérieur, et rend le cordage plus régulier.

Le règlement a fixé la circonférence des cordages en fil de fer aux 45/100 de celle des cor-

dages en chanvre qu'ils remplacent ; cette estimation un peu faible se justifie par ce fait, que les cordages en fil de fer ont une beaucoup plus longue durée, et qu'il convient de prendre pour point de comparaison des cordages en chanvre déjà fatigués.

Les cordages en fil de fer ne sont pas détériorés par la fumée ; ils ont une durée presque indéfinie, tandis que les gréements en chanvre, d'un prix à peu près égal, ne durent pas plus de cinq ans. Ils font moins de fardage, sont plus légers et moins susceptibles de s'enrouler autour de l'hélice.

En revanche, les cordages en fil de fer ont une moindre élasticité que ceux en chanvre, et sont par suite plus exposés à rompre sous un effort brusque, surtout aux températures basses, par lesquelles il faut éviter de raidir le gréement, et même de le travailler. Le cordage en fil de fer se prête mal aux changements accentués de direction, et se redresse difficilement sans casser, quand il a subi un pli brusque. Cet inconvénient n'empêche pas qu'il ne se répande de plus en plus, et surtout dans la marine de commerce, où on l'emploie non seulement comme dormant, mais encore comme pantoires de poulies, comme aussières d'amarrage et de halage, quelquefois même comme ralingues.

Nous donnons ci-dessous le tableau des dimensions et poids des principales espèces de cordages en fil de fer usités dans la marine.

NUMÉROS D'ORDRE.	DIAMÈTRE du câble.	CIRCONFÉRENCE approximative en millimètres.	NOMBRE de torons.	NOMBRE de fils.	DIAMÈTRE du fil en dixièmes de millimètre.	POIDS approximatif par mètre courant.
						kg
Cordage n° 11	5,6	17,5	3	9	12	0,085
— n° 16	14,4	45,2	6	42	16	0,730
— n° 21	21,6	67,8	6	42	24	1,666
— n° 26	30,6	96,3	6	114	21	3,500
— n° 31	35,1	110,2	6	42	39	4,100
— n° 36	40,8	128,3	6	114	28	5,700
— n° 41	48,2	151,3	6	114	33	8,300
— n° 46	61,3	192,5	6	114	42	13,800

CHAPITRE LIV.

MANŒUVRES COURANTES.

Manœuvres des mâts. Guinderesse. Braguet. — Les manœuvres courantes servent à guinder et à tenir en place les mâts supérieurs, à hisser les vergues, à border et à serrer les voiles.

Les mâts de hune et de perroquet sont guindés au moyen d'un cordage appelé *guinderesse*. La guinderesse du grand mât de hune (*pl.* 302, *fig.* 1514) fait dormant sur le piton avant du chouque à tribord, passe de tribord à bâbord dans le clan supérieur du mât, puis dans une chape crochée à un piton du chouque à bâbord, revient passer dans le clan inférieur, remonte passer dans une seconde chape crochée sur l'arrière du chouque à tribord et descend le long du mât. Les guinderesses des autres mâts sont passées symétriquement en partant de bâbord.

Le *braguet* (*pl.* 303, *fig.* 1515) est estropé autour du bas mât; il descend par la cheminée, passe sous la caisse du mât de hune dans une engoujure, remonte par la cheminée; il porte à son extrémité une cosse, dans laquelle se croche la poulie inférieure d'un palan; l'autre poulie est crochée à un piton du chouque. Souvent aussi, après avoir passé sous le mât, le braguet va passer dans une chape crochée au chouque, reçoit à son extrémité la poulie supérieure du palan, dont l'inférieure est crochée sur le pont. Au cas où la guinderesse viendrait à rompre avant que le mât ne fût en clef, le braguet est là pour le retenir; on a soin de l'embraquer au fur et à mesure que le mât se guinde.

La guinderesse du mât de perroquet (*pl.* 303, *fig.* 1516), analogue à celle de hune, ne fait qu'un retour; elle fait dormant au chouque, traverse le clan du mât, va passer dans une poulie crochée au chouque du bord opposé, et descend sur le pont en abord, pour faire retour sur une poulie.

Quand on dépasse le mât de perroquet, il faut éviter qu'il ne bascule, quand son extrémité arrive au-dessous des barres; on se sert pour cela d'un fouet *a*, dans la cosse duquel passe la guinderesse; dès que la tête du mât est au-dessous du chouque de hune, on fait passer le fouet dans le clan de drisse de cacatois, et le mât est forcé de rester parallèle à sa guinderesse.

La guinderesse du bout-dehors de grand foc fait dormant à un piton du chouque, passe dans le clan du bout-dehors, va faire retour sur une poulie crochée au chouque et rentre à bord.

Le braguet (*pl.* 302, *fig.* 1517) du bout-dehors de foc est un bout de chaîne maillé par les deux bouts sur deux pitons symétriques d'un cercle du beaupré; l'une des extrémités est terminée par un croc à échappement, ce qui permet une rentrée rapide en cas de besoin.

La guinderesse du bout-dehors de clin-foc est disposée comme celle du bout-dehors de grand foc.

Les guinderesses et les braguets (sauf celui du bout-dehors) ne sont mis en place que pour les exercices, ou au moment du besoin. Il arrive assez fréquemment qu'on dépasse les mâts de perroquet par brise fraîche; mais il est assez rare qu'on ait à caler les mâts de hune.

Gréement des voiles carrées. — Les vergues sont manœuvrées au moyen de *drisses*, qui servent à les hisser, de *bras* et de *faux-bras*, au moyen desquels on les oriente, de *balancines*, qui supportent leurs extrémités. Les *palans de roulis* empêchent qu'elles ne se déplacent au roulis suivant leur longueur. Enfin pour les maintenir à une distance convenable du mât, on se sert pour les basses vergues de *drosses* en cordage ou en fer forgé, pour les huniers de *racages à bigots*, pour les perroquets de *racages simples,* garnis en basane.

Les vergues portent en outre des *marchepieds à pommes*, une *filière d'envergure*, et quand la voile comporte des ris, une *filière de ris*.

Drisses des basses vergues. — Les vergues des voiles carrées sont hissées au moyen de drisses. Pour les basses voiles les drisses sont doubles (*pl.* 302, *fig.* 1518); elles ne servent que pour la mise en place des vergues, qui restent à demeure à leur poste; la poulie inférieure de drisse est crochée par des ciseaux à une cosse d'une estrope embrassant la vergue vers le milieu; la poulie supérieure est portée par une estrope mariée avec la suspente. Le garant qui réunit les deux poulies, en formant caliorne à six brins, descend verticalement, et fait retour au pied du mât.

Une fois la vergue hissée, elle est maintenue par une suspente en cordage ou en chaînes, qui fait un tour mort autour du mât au-dessus du capelage, traverse la hune sur l'avant des barres, et se maille à un cercle au milieu de la vergue. En temps ordinaire les drisses sont dépassées, et les poulies de sus-vergues décrochées.

Sur les navires de rang élevé, la suspente (*pl.* 302, *fig.* 1519) peut se séparer facilement au moyen d'un échappement à cloche, composé d'une chape en deux parties, dans laquelle est encastré un émerillon; une virole mobile, assujettie par une clavette, permet d'ouvrir la chape pour y introduire la tête de l'émerillon, ou pour la retirer quand on veut amener la basse vergue; dans le système des phares abaissés, la suspente est un simple anneau triangulaire en fer rond.

Drisse de hune. — Les drisses de hune doivent pouvoir être manœuvrées rapidement toutes les fois qu'on établit la voilure, ou que l'on prend des ris; contrairement aux basses voiles, dont on prend les ris en laissant la vergue fixe, la réduction de surface des huniers se fait en amenant la vergue de la hauteur du ris à prendre, ce qui du même coup fait amener les perroquets et les cacatois de la même quantité.

Pour diminuer l'effort, la drisse est installée à itague (*pl.* 303, *fig.* 1520). S'il y a deux drisses, chacune des itagues fait dormant à la tête du mât de hune, au-dessous du capelage, passe dans une des poulies d'itague, ou de *sus-vergue,* portées par un cercle de la vergue, puis dans une chape au capelage; son extrémité traverse l'œil de la poulie supérieure de drisse, et s'épisse sur elle-même.

La drisse proprement dite est un palan à poulie supérieure double et poulie inférieure simple à émerillon, crochée dans les porte-haubans; son garant fait dormant sur la poulie inférieure, passe sur un rouet de la poulie supérieure, puis sur l'inférieure; après avoir passé sur le second rouet de la poulie supérieure, il vient passer dans une poulie de retour sur le pont.



Quand il n'y a qu'une itague, ce qui a toujours lieu pour le perroquet de fougue, elle fait dormant sous le chouque, passe dans la poulie de sus-vergue et revient passer dans une chape, avant de passer dans l'estrope de la poulie supérieure.

Pour éviter des tours dans le palan de drisse, et le décommettage de l'itague, on fait conduire la poulie supérieure le long du galhauban de hune arrière au moyen du *gouvernail*, pièce de fer à deux branches ; l'une d'elles verticale est concave, s'adapte sur l'itague un peu au-dessus de la poulie, et est maintenue par deux amarrages. L'autre horizontale forme un œil, dans lequel est passé le galhauban de hune ; l'œil est quelquefois à charnière.

Drisse de perroquet. — La drisse de perroquet fait dormant sur une estrope au milieu de la vergue, passe dans le clan de la noix et redescend en abord. A la mer (*pl.* 303, *fig.* 1521), on la fait passer dans deux poulies simples, l'une sur le pont, l'autre frappée sur la drisse au moyen d'un cabillot ; on obtient ainsi ce qu'on appelle la *drisse anglaise*. Souvent aussi la drisse est arrêtée par un cabillot sur l'estrope de la poulie supérieure (*pl.* 303, *fig.* 1522), réunie par un garant spécial à la poulie du pont.

Drisse de cacatois. — La drisse de cacatois est frappée sur une estrope au milieu de la vergue, monte passer dans le clan de la flèche et redescend sur le pont, du bord opposé à la drisse de perroquet. L'une et l'autre portent un erseau, dans lequel on engage une des extrémités de la vergue, quand on veut dégréer et amener sur le pont, en les maintenant verticales, les vergues de perroquet et de cacatois.

Drosses. — La grand'vergue et la vergue de misaine ont chacune deux drosses (*pl.* 302, *fig.* 1523) ; chacune d'elles embrasse la vergue, et est maintenue sur l'arrière par un amarrage en étrive, fait à peu de distance de la cosse épissée à l'un des bouts ; l'autre bout fait le tour du mât sur l'arrière, traverse la cosse de l'autre drosse, remonte passer dans un placard à l'arrière de l'élongis, et se termine par un œil, sur lequel s'estrope la poulie simple du palan de drosse, dont la poulie supérieure est crochée sur l'arrière du chouque. Le garant descend, et fait retour au pied du mât.

Sur la vergue barrée, la drosse, baguée à tribord, entoure le mât, et vient passer dans une cosse estropée à bâbord sur la vergue.

Racage. — Quand on amène les huniers, les perroquets et les cacatois, les vergues sont maintenues le long du mât par un collier ou *racage*. Pour les huniers, le racage (*pl.* 304, *fig.* 1524) est un chapelet de pommes et de bigots, traversés et retenus par plusieurs tours d'un cordage appelé *bâtard de racage*. Pour les vergues de perroquet et de cacatois, le racage (*pl.* 304, *fig.* 1525) est un collier double ou simple en filin, garni de basane, continué par une pantoire, qui fait le tour du mât, et est fermée par une aiguillette, que l'on largue pour dégréer la vergue.

Palans de roulis. — Pour empêcher la vergue de battre au roulis d'un bord à l'autre, on installe sur les basses vergues des palans de roulis (*pl.* 305, *fig.* 1526) : une longue pantoire se croche à une estrope à cosse, placée au capelage de la vergue ; elle porte à l'autre bout une poulie double. Celle-ci est mariée à une poulie estropée au trelingage par un garant, qui fait retour sur une poulie simple crochée dans une cosse, portée par la même estrope. Sur la vergue barrée il n'y a pas de pantoire ; la poulie extérieure est estropée au quart de la longueur de la vergue.

Sur les navires de petite dimension (*pl.* 302, *fig.* 1527), la drosse ne remonte pas dans la hune, et le palan de roulis fait en même temps l'office de palan de drosse, la drosse venant se fixer sur la poulie intérieure de ce palan.

Les palans de roulis des vergues de hune (*pl.* 305, *fig.* 1528), sont disposés d'une manière analogue ; les poulies sont simples, et la poulie intérieure fixée sur un racage ; le garant descend le long du mât par le trou du chat.

Drosses en fer. — Les drosses en filin et les palans de roulis doivent être largués et embraqués chaque fois qu'on modifie l'orientation des vergues ; moins de bras sont nécessaires quand on emploie les drosses en fer, qui maintiennent la vergue éloignée du mât ; deux systèmes sont employés avec les phares abaissés. L'un des systèmes, la *drosse à arceau* (*pl.* 304, *fig.* 1529-1530), se compose d'un cercle à charnière fixé sur le mât, portant deux tourillons et des ergots intérieurs encastrés. Sur les tourillons viennent se fixer les extrémités d'un arceau, dont le sommet est traversé par une ferrure à charnière fixée sur la vergue; celle-ci peut ainsi pivoter horizontalement autour du sommet de l'arceau. Ce type de drosse permet, sans amener la basse vergue, de caler le mât de hune, dont la caisse peut passer au travers de l'arceau.

L'autre système, dit *drosse à la marchande* (*pl.* 306, *fig.* 1531-1532), supporte la vergue par une traverse en fer, boulonnée à deux cercles, reliée à une pièce droite à articulation, qui est portée par le mât; le pivotement se fait autour d'un point très rapproché du mât. Pour caler le mât de hune, il faut enlever la clavette A, faire sortir la tige B de la traverse, et amener la vergue.

Les drosses en fer sont d'un usage général sur tous les transports.

Balancines. — Le milieu de la vergue étant supporté par une suspente ou une drisse, il faut, pour l'empêcher de s'arquer, soutenir ses extrémités.

Les balancines des basses vergues (*pl.* 306, *fig.* 1533) font dormant au chouque sur un piton, passent par-dessus le chouque, puis dans une poulie estropée au bout de la vergue, traversent une moque au chouque, redescendent le long du mât, et se terminent par un palan, dont la poulie supérieure est à émerillon. La balancine de vergue barrée est simple, et fait dormant au bout de la vergue.

Les balancines des vergues de hune (*pl.* 309, *fig.* 1534) sont simples, font dormant au bout de la vergue, passent dans une baraquette au clan inférieur, et descendent sur le pont par le trou du chat. Les balancines des vergues de perroquet et de cacatois sont disposées de même ; leurs baraquettes sont placées entre les galhaubans de perroquet et de flèche. Les balancines sont placées sur l'arrière des voiles.

Bras (mât d'artimon). — Les bras de vergue barrée (*pl.* 308, *fig.* 1536) font dormant sur le dernier hauban du grand mât, à la hauteur du trelingage, viennent passer sur une poulie de bout de vergue, puis sur une seconde poulie aiguilletée sur le hauban à côté du dormant, et tombent en abord.

Le bras de perroquet de fougue est disposé de la même manière ; mais son dormant se fait sur le chouque.

Les bras de perruche et de cacatois de perruche (*pl.* 307, *fig.* 1535) sont simples ; ils font dormant au bout de la vergue, et retour, le premier sur une poulie aiguilletée sur le dernier galhauban de hune, le second sur les élongis des barres.

Bras (grand mât). — Les grands bras (*pl.* 308, *fig.* 1536) font dormant sur la vergue de brasseyage, passent dans une poulie au bout de la grand'vergue, dans une autre estropée au bout de l'arc-boutant de grand bras et rentrent à bord par un chaumard près du couronnement. Des suspensoirs venant du mât d'artimon empêchent les bras, lorsqu'ils sont largués, de s'engager sous les portemanteaux d'embarcation.

La grand'vergue est encore soutenue par les faux grands bras, disposés comme les bras barrés, mais simples, et faisant retour sur des poulies estropées sur les élongis de misaine.

Les bras du grand hunier font dormant au capelage du perroquet de fougue, sont bridés à peu de distance sur les étais, vont à la poulie du bout de vergue, viennent faire retour dans une poulie estropée au mât d'artimon un peu au-dessous de la vergue barrée, et descendent au pied du mât, où ils passent dans un bitton.

Le bras du grand perroquet (*pl.* 307, *fig.* 1535) fait dormant sur l'étai de perroquet de fougue, retour au bout de la vergue, second retour à une poulie aiguilletée près du dormant à la fourche de l'étai, dans une seconde poulie aiguilletée sur le premier hauban de hune, et descend au pied du mât.

Le bras du grand cacatois fait dormant sur la vergue, retour sur une poulie aiguilletée sur les haubans de perruche, et descend au pied du mât.

Bras (mât de misaine). — Le bras de misaine (*pl.* 308, *fig.* 1536) fait dormant sur l'arrière du capelage du grand mât, est bridé à la fourche du grand étai, fait retour au bout de la vergue, puis sur les jottereaux du grand mât, descend sur le pont et passe dans les bittons de pied du grand mât.

Le bras du petit hunier est disposé d'une manière analogue ; son dormant est fait au capelage du grand mât de hune avec bridure sur l'étai, et poulies de retour sur le grand étai et le premier bas hauban ; il tombe au pied du mât, et passe dans le même bitton que le bras de misaine.

Le bras du petit perroquet (*pl.* 307, *fig.* 1535) fait dormant sur l'étai du grand mât de hune, passe dans la poulie estropée au bout de la vergue, revient passer dans une poulie à la fourche de l'étai, puis passe dans une poulie de conduite aiguilletée sur le premier hauban de hune, et fait retour au pied du grand mât ; il peut aussi suivre l'étai, faire retour sur l'arrière de la hune et tomber au pied du mât de misaine.

Le bras du petit cacatois est simple ; il fait dormant au bout de la vergue, retour à une poulie aiguilletée au capelage sur le galhauban de travers de perroquet, descend par le trou du chat, et tombe en abord du grand mât, ou retourne en suivant l'étai au pied du mât de misaine.

Manœuvres des voiles. — Les voiles enverguées sont tenues ouvertes et tendues au moyen de cordages appelés *écoutes, amures*, *boulines*, serrées au moyen des *cargues*, du *chapeau*, diminuées de surface au moyen des *palanquins*, *faux palanquins* et des *ris*.

Les écoutes et les amures ne sont distinctes que pour les basses voiles, l'écoute tendant la voile sous le vent, et l'amure au vent. Pour les voiles supérieures, le même cordage fait alternativement l'office d'amure et d'écoute, suivant l'orientation, et porte le nom d'écoute.

Écoutes et amures des basses voiles. — Le point des basses voiles porte un *bouquet* (*pl.* 309, *fig.* 1537), composé d'une poulie d'écoute, d'une poulie d'amure et d'une poulie de cargue-point.

L'amure de grand'voile (*pl.* 310, *fig.* 1538) fait dormant à un piton du pont sur l'avant, retour au bouquet, puis à une poulie à côté du dormant, et se tourne à un taquet sur le pont. L'amure de misaine (*pl.* 310, *fig.* 1539) est disposée de même, mais le dormant et le retour se font sur le minot, pièce saillante en bois ou en fer, placée sur l'avant des bossoirs.

L'écoute de grand'voile (*pl.* 310, *fig.* 1538) se croche à un piton sous les porte-haubans d'artimon, va passer dans la poulie du bouquet, sur une poulie de retour, et vient passer dans un chaumard de la muraille percé près du dormant ; elle se tourne à un taquet à l'intérieur de la muraille.

L'écoute de misaine se passe de la même manière, mais son dormant et son retour sont sur l'arrière des porte-haubans de misaine.

Écoutes des huniers. — Les écoutes des huniers (*pl.* 306, *fig.* 1533) font dormant sur la basse vergue en dehors du capelage, passent dans les moques des points des huniers, reviennent passer dans les chaumards des bouts de vergue, puis suivent la vergue jusqu'aux poulies de *bas-cul*, descendent verticalement et passent dans les bittons de l'avant du mât.

Écoutes des perroquets et cacatois. — Les écoutes de perroquet et de cacatois (*pl.* 309, *fig.* 1534) sont disposées de la même manière, sauf qu'elles sont simples, font dormant aux points de la voile et ne font qu'un retour sur un chaumard, ou dans le clan du bout de vergue.

Boulines. — Les boulines servent à tendre la voile du côté du vent, et à diminuer sa poche; il n'existe pas de bouline de cacatois. On épisse sur la ralingue de chute une patte d'oie, à laquelle la bouline est rattachée par un cabillot, soit d'une manière permanente pour les voiles hautes, soit d'une manière temporaire pour les basses voiles.

La bouline de misaine passe dans une poulie aiguilletée sur les étais de misaine, longe le beaupré et rentre à bord.

La grand'bouline (*pl.* 311, *fig.* 1540) fait dormant sur le fronteau de la teugue, vient passer sur une poulie *a*, maintenue par un burin *b*, sur une estrope passée dans la branche de bouline, et vient faire retour sur le fronteau de la teugue. Sur la tête du burin, on épisse une aiguillette *c*, dont le bout est tourné vers l'avant. Quand on choque la bouline sans choquer l'aiguillette, le burin se dépasse, et la bouline est larguée ; sa poulie est portée par un suspensoir *d*, afin qu'elle ne tombe pas sur le pont.

La bouline du petit hunier (*pl.* 311, *fig.* 1541) fait retour sur le chouque de beaupré, celle du petit perroquet sur le capelage du bout-dehors de grand foc; elles reviennent sur le gaillard d'avant.

La bouline du grand hunier fait retour au capelage du mât de misaine, celle de grand perroquet aux barres de petit perroquet; elles descendent aux rateliers de misaine en abord.

La bouline de perroquet de fougue fait retour à une poulie de l'arrière du grand chouque, la bouline de perruche aux barres de grand perroquet; elles descendent aux rateliers de manœuvre en abord.

Cargues des basses voiles. — On distingue les cargue-points, cargue-boulines, cargue-fonds, le chapeau. Les cargue-points (*pl.* 310, *fig.* 1538) font dormant sur la vergue près du milieu, passent dans la poulie du bouquet, puis dans une poulie sous la vergue et vont faire retour au pied du mât; elles passent sur l'arrière de la voile.

Les cargue-boulines (*pl.* 312, *fig.* 1542), au nombre de deux, sont cabillottées aux pattes des boulines, font deux retours à des poulies placées sous la hune, et vont se tourner au râtelier de la muraille; elles passent sur l'avant de la vergue. Pour les basses voiles de grandes dimensions, on installe aussi de fausses cargue-boulines, placées sur l'arrière de la voile, et faisant retour à deux poulies sous la vergue.

Les cargue-fonds (*pl.* 311, *fig.* 1540) se composent d'une itague et d'un garant. L'itague fait dormant sur l'œillet le plus en dehors de la bordure, passe dans un margouillet fouetté sur l'autre œillet, monte sur l'avant de la voile, passe dans une poulie fixée sur la barre traversière avant, descend le long des étais et s'épisse sur la poulie supérieure, dans laquelle passe le garant; la poulie inférieure est aiguilletée au pied du mât de misaine, et le dormant du garant se fait dans son voisinage.

Le chapeau (*pl.* 313, *fig.* 1543), employé à serrer la partie centrale de la voile, se frappe à

une cosse sur l'arrière de la voile, au couillard; il passe par-dessous, revient sur l'avant, passe dans une poulie aiguilletée sur la suspente sous la hune et fait retour au pied du mât.

Cargues des huniers. — Les cargues des huniers (*pl.* 313, *fig.* 1544) sont disposées comme celles des basses voiles, sauf qu'il n'y a qu'une cargue-bouline, que la cargue-fond n'est pas à itague, et descend au pied du mât. -

Cargues des perroquets. — Il n'y a plus qu'une cargue-fond et qu'une cargue-point; cette dernière est simple; il n'y a plus de poulie aux points; toutes deux tombent au pied du mât.

Cargue des cacatois. — Le cacatois n'a qu'une cargue-point.

Palanquins. — Pour prendre les ris, il est nécessaire de soulever la voile de la hauteur d'une ou plusieurs bandes de ris, afin de pouvoir prendre les empointures. Il existe pour les basses voiles une itague de palanquin, qui s'amarre sur une patte de la ralingue de chute, passe dans le clan du bout de vergue et se termine par une cosse, dans laquelle on croche les candelettes de hune.

Pour les huniers (*pl.* 314, *fig.* 1545) il existe deux palanquins : l'un soulève la toile au-dessous du quatrième ris, l'autre, le faux palanquin, au-dessous du deuxième. L'un et l'autre font dormant sur le bout de la vergue, et vont passer dans une poulie aiguilletée sur la ralingue de chute. Ils remontent ensuite; le palanquin fait retour dans un clan du bout de vergue, sur une poulie crochée au chouquet et descend le long du mât; le faux palanquin fait retour sur une poulie au bout de la vergue, dans le clan supérieur de la baraquette des galhaubans de hune et redescend au pied du mât.

Une fois les voiles serrées, on les fixe à demeure sur le dessus des vergues au moyen de jarretières en sangle, terminées par une boucle.

Ris. — La diminution de la surface des voiles s'obtient au moyen des bandes de ris et des garcettes. On prend les ris en engageant dans une filière (*pl.* 312, *fig.* 1546) placée sur l'avant de la voile une garcette (*pl.* 312, *fig.* 1547) amarrée sur la filière de ris, dont un œil embrasse un cabillot bridé sur cette même filière. La filière (*pl.* 315, *fig.* 1548) passe dans chacun des *œils de pie*, pratiqués de chaque côté des coutures, et les boucles ainsi formées sont traversées par une filière placée sur l'arrière. Ce système, imaginé par M. le capitaine de frégate Béléguic, a été perfectionné par M. Consolin, qui a substitué à la double filière une filière simple (*pl.* 315, *fig.* 1549), faisant un tour mort par les deux œils de pie, qui sont percés de chaque côté des coutures.

Pour prendre un ris dans un hunier, on amène la vergue sur le chouque, on la tient au moyen des bras et des prlans de roulis, on pèse les palanquins jusqu'à ce que les empointures soient sur la vergue; on passe les rabans d'empointure, en commençant au vent, soit autour de la vergue si elle est à taquets, soit dans les pitons des cercles destinés à cet usage; puis on passe les garcettes dans la filière de ris et sur les cabillots.

Doubles huniers. — Pour faciliter la réduction de la voilure, et envoyer peu de monde dans la mâture, on trouve avantageux, sur les bâtiments de commerce, et sur ceux de transport de la marine de guerre, de substituer au hunier unique deux voiles obtenues en coupant le hunier à la hauteur du quatrième ris (*pl.* 315, *fig.* 1550-1551). La surface totale de voilure reste la même, mais son fractionnement la rend plus maniable.

Il est alors nécessaire d'avoir deux vergues de hunier; la vergue inférieure conserve le nom du hunier qu'elle porte; elle est fixe comme une basse vergue. La vergue supérieure, qui est mobile,

porte le nom de vergue *de volant*, et, suivant le mât, de petit volant, grand volant, volant d'artimon. Les voiles portent des dénominations analogues.

Vergue et voile inférieures. — La vergue inférieure est supportée par un pendeur *a* en fil de fer, qui part du milieu du ton du mât de hune, passe dans le trou de la cheminée des barres et vient se fixer sur un cercle à anse au milieu de la vergue. Il sert en même temps de guide à la vergue de volant, parce qu'il passe dans un trou de son *matagot* (*pl.* 315, *fig.* 1552).

La vergue inférieure n'a pas de filière de ris, pas de blin pour bout-dehors, ni de clan pour palanquin. Elle est tenue au mât au moyen de drosses *bb* (*pl.* 315, *fig.* 1551-1552), analogues à celles des basses vergues, et manœuvrée au moyen de bras, de balancines et d'un *hale-avant*. Ce dernier ne s'emploie que pourle grand hunier et le perroquet de fougue.

Les balancines *cc* sont simples, font retour dans les baraquettes, et descendent dans la hune. Les bras sont doubles, et généralement à pantoires ; leur passage se fait comme à l'ordinaire, sauf le bras du grand hunier, que l'on fait, autant que possible, passer comme le grand bras sur la vergue de brasseyage. Les faux bras sont simples, et se passent comme les boulines de grand hunier, qu'ils remplacent. Le hale-avant, installé à itague, va faire dormant au capelage du mât placé sur l'avant.

Les écoutes, cargue-points et cargue-fonds ont même passage que pour les huniers ordinaires.

Vergue et voile de volant. — La vergue de volant est hissée et amenée au moyen d'itagues *d*, et de drisses ayant la disposition ordinaire ; elle porte le matagot indiqué plus haut, qui coulisse le long du pendeur, et l'empêche de s'écarter du mât. Elle est tenue au mât par une drosse double *ee*, formant palan de roulis. Les balancines *ff*, disposées à la manière ordinaire, passent dans le clan supérieur des baraquettes, et redescendent sur le pont. Les bras, généralement à pantoire, sont passés à la manière ordinaire.

Il y a deux *calebas*, destinés à forcer la vergue supérieure à descendre ; le calebas est simple quand il n'y a qu'une drisse. Le garant de calebas *g* fait dormant à un piton du chouque, passe dans une poulie simple *h*, aiguilletée au collier de la poulie d'itague de drisse, et redescend sur le pont en longeant le mât, et en passant par le trou du chat.

Le volant a deux bandes de ris ; comme, quand la vergue est amenée, il est abrité par le hunier inférieur, les ris peuvent se prendre sans palanquin. Les points d'écoute sont aiguilletés à demeure sur les bouts de la vergue inférieure ; il n'existe donc de cargues d'aucune espèce.

La vergue de volant a des bouts-dehors disposés à la manière ordinaire.

Ris à baleston. — Nous indiquons en passant le ris à baleston de M. Frémont (*pl.* 309, *fig.* 1553-1554), dans lequel la voile est tendue par une vergue légère, transfilée contre la voile et sur l'arrière à la hauteur du bas ris, et soutenue par des balancines. Pour diminuer de voiles, on amène la vergue supérieure jusqu'à toucher le baleston. On évite par cette disposition de couper en deux le hunier.

Ris mécaniques. — La prise des ris est toujours pénible et quelquefois dangereuse, même avec les doubles huniers ; aussi a-t-on recherché des systèmes mécaniques, permettant de réduire graduellement la surface des voiles, sans avoir besoin d'envoyer des hommes dans la mâture.

Ris Brouard. — Dans le système Brouard (*pl.* 314, *fig.* 1555), chaque vergue porte une sous-vergue roulante *a* ; celle-ci est terminée à chaque extrémité par un tourillon soutenu par un blin *b*, fixé à la vergue principale en dedans des bouts, et est soutenue de distance en distance par des ferrures *cc*, garnies de rouleaux en gaïac. Ces ferrures ne sont pas complètement fermées, afin

qu'elles puissent être traversées par la voile ; elles peuvent s'ouvrir complètement pour la mise en place de la sous-vergue.

A ses extrémités, la sous-vergue est cylindrique sur une certaine longueur ; un cordage *d*, appelé *itague de ris*, y fait dormant, fait ensuite le nombre de tours nécessaire, passe dans un clan de la vergue, puis sur une poulie de retour estropée sous les barres, et redescend le long du mât s'épisser sur la poulie supérieure d'un palan. Il suffit d'embraquer le palan pour faire tourner la sous-vergue, et enrouler par suite la voile comme sur le bâton d'un store.

La disposition est un peu différente pour les huniers et les perroquets, ces voiles s'amenant toutes les fois qu'on prend des ris. Il faut manœuvrer simultanément la drisse et l'itague de ris, de manière à n'avoir jamais de mou dans la voile, quand on l'amène ou quand on la hisse.

Ris Cunningham. — Dans le système du capitaine Cunningham (*pl.* 317, *fig.* 1556; *pl.* 318, *fig.* 1557-1558), la voile est fendue au milieu ; la vergue tourne sur elle-même par l'effet d'une drisse en chaîne, qui engrène avec une couronne à empreintes fixée au milieu de la vergue, et enroule la toile. La fente centrale de la voile est recouverte par un tablier, que l'on transfile avec elle. La vergue est portée par un matagot en fer, qui monte et descend le long du mât.

La vergue, tournant sur elle-même, ne peut porter à ses extrémités les capelages ordinaires (bras, balancines, etc.) ; on est obligé de compléter l'appareil par une fausse vergue en fer, qui part du matagot, passe dans des blins aux extrémités de la vergue, et, les dépassant, forme les bouts nécessaires pour le capelage.

Gréement des bonnettes. — Les bonnettes (*pl.* 316, *fig.* 1559) sont des voiles supplémentaires, destinées à augmenter la surface des voiles carrées ; elles sont enverguées à demeure, et sont portées par une drisse, qui passe dans une poulie estropée à l'extrémité du bout-dehors. Il y a en outre une écoute et une amure, pour tenir la voile ouverte.

Les bouts-dehors des basses vergues sont tenus par deux blins fixés sur la vergue ; un cartahu, faisant retour sous la hune, sert à soulever leur extrémité intérieure, quand on serre la basse voile.

Bonnette basse. — Le bout-dehors est soutenu par une balancine formée par une pantoire capelée à son extrémité, dans l'œil de laquelle on croche la candelette de hune ; il est orienté par un bras, qui rentre à bord par un chaumard sur l'avant du grand porte-haubans.

La bonnette basse a deux drisses ; l'une, frappée au milieu de la vergue supérieure, passe dans la poulie du bout-dehors, fait retour au capelage du petit mât de hune et descend sur le pont. La drisse d'en dedans va faire retour sous la hune, et redescend en abord.

L'amure de bonnette est à patte d'oie, se capelle sur les bouts de la vergue inférieure et rentre par un chaumard de la muraille. L'écoute a deux branches, se frappe au point d'écoute et vient se tourner à l'intérieur de la muraille.

Quand on veut serrer la bonnette, on la relève au moyen d'un lève-nez, qui, aiguilleté sur la vergue inférieure, vient faire retour à une poulie estropée sur le milieu de la vergue supérieure, puis aux jottereaux, et descend sur le pont.

Bonnettes de hune. — Les drisses des bonnettes de hune, frappées vers le milieu de la vergue de bonnette, passent dans une poulie estropée au bout de la vergue de hune, font retour au chouque du mât de hune et descendent sur le pont.

L'amure de la bonnette de grand hunier, frappée au point d'amure, passe dans une poulie

estropée au bout du bout-dehors de grand'vergue, puis vient passer par un chaumard près du couronnement. L'écoute descend directement sur le pont.

La bonnette de petit hunier est disposée d'une manière analogue.

Bonnettes de perroquet. — Leur drisse passe dans une poulie estropée au bout de la vergue, puis au capelage de perroquet, et descend dans la hune. L'amure fait retour au bout du bout-dehors de hune, et vient se tourner dans la hune; l'écoute y vient directement.

Il n'y a pas de bonnettes au mât d'artimon.

Gréement des voiles auriques. Brigantine. — La corne de brigantine (*pl.* 317, *fig.* 1560) est soutenue par deux drisses; la drisse *de mât* passe dans deux poulies, l'une estropée au ton, l'autre sur la cosse d'un piton, qui traverse la mâchoire. La drisse *de pic* fait dormant au ton du perroquet de fougue, retour sur la corne près du bout, retour au chouque, second retour sur la corne, retour à un piton au-dessous du chouque, et descend sur le pont.

La corne (*pl.* 318, *fig.* 1561) porte vers le bout deux pantoires, auxquelles sont estropées les poulies supérieures des *palans de garde;* les poulies inférieures sont estropées sur la vergue de brasseyage ; le garant rentre à bord par un chaumard.

Le gui (*pl.* 317, *fig.* 1560) est supporté par deux *balancines,* formées d'un même bout de filin, qui fait tour mort autour de lui ; chaque bout, après avoir passé dans une poulie estropée au ton, reçoit à son extrémité la poulie double du palan de balancine. La poulie simple est estropée sur le gui.

Le gui est orienté (*pl.* 318, *fig.* 1562) au moyen de deux *écoutes*. Le garant fait dormant au bout du gui, passe alternativement sur une poulie au bout de la vergue de brasseyage et sur le gui près du couronnement, fait retour à une poulie sur le plat-bord, puis à une seconde sur le gui et se tourne à un taquet en abord.

La brigantine (*pl.* 319, *fig.* 1563) est enverguée à demeure sur la corne au moyen d'un transfilage ; la ralingue de chute est maintenue par un transfilage ou des cercles, et des empointures sont passées à la mâchoire et à la corne. Elle est bordée au moyen de son écoute, qui fait dormant au bout du gui, passe dans une moque au point d'écoute, dans un clan au bout du gui, et vient se tourner à un taquet rousturé sous le gui.

La brigantine est serrée au moyen d'une série de cargues, qui font dormant sur la ralingue de chute arrière ; les cargues hautes font retour à des poulies sous la corne, les cargues basses sur des poulies estropées sur le mât d'artimon.

L'une des cargues hautes, installée à itague, fait dormant au milieu de la chute arrière, et porte le nom d'*étrangloir :* son garant part du pied du grand mât, et suit les étais d'artimon.

Les cargues de brigantine sont toujours doubles ; en agissant sur la cargue sous le vent, on serre la voile, sans qu'elle fasse la poche.

Artimon. — Par mauvais temps, on remplace la brigantine par une voile goëlette de surface moindre, portée par la corne, qui reçoit le nom d'*artimon de cape*. Il est pourvu d'une cargue basse, d'une cargue haute et d'un étrangloir.

Grand'voile et misaine goëlettes. — La corne est soutenue par un martinet en patte d'oie, qui s'amarre sur lui-même au capelage. La garde de corne est simple; elle s'amarre sur la corne au tiers de la longueur à partir du bout, et va faire retour en abord. L'écoute est à deux branches ; elle est aiguilletée sur le point d'écoute, et porte à chaque bout une cosse, sur laquelle on frappe un palan ; on peut ainsi border tantôt d'un bord, tantôt de l'autre, sans abandonner la voile

à elle-même. Il existe une cargue haute, un étrangloir et des cargues basses, qui font retour sous la corne ou sur le mât, et tombent au pied du mât. Le plus souvent les goëlettes sont enverguées par un transfilage; quelquefois elles portent des anneaux ouverts (*pl.* 319, *fig.* 1564), qui sont passés sur un rail sous la corne; il faut dans ce cas pour les déployer une drisse, et pour les serrer un hale-bas.

Agrès des focs. — Les focs sont envergués sur une draille au moyen de bagues; on les hisse au moyen d'une drisse, et on les amène au moyen d'un *hale-bas;* ils sont bordés au moyen d'une écoute double, et serrés au moyen d'une cargue-point.

Clin-foc. — La draille de clin-foc (*pl.* 301, *fig.* 1509) part du capelage de perroquet, passe dans un clan de la noix du bout-dehors, fait retour dans le placard tribord de la martingale et se raidit sur les apôtres.

La drisse fait dormant au capelage du petit mât de perroquet, passe dans une poulie au point de drisse, puis dans une poulie au capelage et descend en abord. Le hale-bas fait dormant au point de drisse, retour au capelage du bout-dehors, et rentre à bord. L'écoute est simple, et passe dans un chaumard de la muraille; il n'y a pas de cargue.

Grand foc. — La draille de grand foc (*pl.* 320, *fig.* 1565) part du capelage du petit hunier; tantôt elle passe dans un clan percé près de l'extrémité du bout-dehors de grand foc; tantôt le bout de la draille est épissé sur un *rocambeau;* elle monte passer dans une chape au capelage, et redescend se raidir au pied du mât de misaine avec un palan. Une *itague d'amure* à fourche, aiguilletée sur le rocambeau, va passer dans le clan du bout-dehors, et se raidit par un palan sur l'étrave. On peut ainsi varier les positions du point d'amure du grand foc, et donner pour chacune d'elles à la draille la tension nécessaire.

La drisse de grand foc est disposée comme celle de clin-foc, sauf que son retour se fait au capelage du petit mât de hune. Son hale-bas est aussi disposé de la même manière; il fait retour à une poulie sur le rocambeau, ou au capelage du bout-dehors.

La cargue de grand foc part du gaillard d'avant, va faire retour au capelage ou au rocambeau, remonte le long de la draille en dehors des bagues, passe dans une poulie ou un margouillet aiguilleté sur la ralingue de têtière, dans un margouillet fixé sur la ralingue de chute, à un quart de sa longueur au-dessus du point d'écoute, et vient faire dormant sur la patte du premier margouillet. En halant sur la cargue, on contient le foc dans une boucle qui l'embrasse, et que l'on serre de plus en plus.

Le point d'écoute du grand foc porte deux poulies à pantoires; le garant d'écoute fait dormant sur un piton de la muraille à l'avant des bossoirs, vient passer dans la poulie à pantoire, et rentre à bord par un chaumard.

Petit foc. — Le petit foc emprunte pour draille le faux étai de bâbord du petit mât de hune. Son gréement est disposé de la même manière que celui du grand foc.

Trinquette. — La trinquette a une draille, dont le dormant est au capelage du mât de misaine; elle passe dans une moque estropée sur le beaupré en dedans du capelage, et s'amarre sur elle-même.

La drisse et le hale-bas sont installés comme pour les autres focs; il y a deux écoutes simples, qui rentrent à bord par des clans; il n'y a pas de cargue.

Palan d'étai. — Pour soulever de gros poids, tels que la chaloupe, et les mettre à bord, on

se sert, quand on n'a pas de grues ou de forts portemanteaux, d'appareils appelés *palans de bout de vergue* et *palans d'étai*.

Ces palans sont à deux poulies doubles ; la supérieure se termine par une longue pantoire, qui s'épisse sur son estrope, et qui se termine à l'autre bout par un croc. Le croc de la pantoire du palan de bout de vergue (*pl.* 304, *fig.* 1566) se croche dans une élingue double à deux cosses, estropée au capelage, et passant par-dessus le chouque. Une élingue courte à croc se croche au capelage de la basse vergue ; la pantoire passe dans son double, et le palan est ainsi maintenu en dehors.

La pantoire du palan d'étai (*pl.* 304, *fig.* 1567) se croche dans une estrope au capelage ; elle porte un peu au-dessus de la poulie supérieure une estrope à cosse, saisie par le croc d'un palan, qui fait dormant sur les élongis de l'autre mât. Quelquefois au lieu d'installer deux palans, on réunit simplement les deux pantoires par un fort cordage, croché dans les deux cosses.

Retours sur le pont. — Il existe toujours au pied des mâts deux bittons à oreilles d'âne (*pl.* 305, *fig.* 1568-1569) sur l'avant, deux ou trois sur l'arrière, avec une tablette à cabillots. Entre les bittons se trouvent des barres de manœuvre, servant à estroper des poulies de retour, qui quelquefois sont installées à marionnettes ; une autre barre de manœuvre fait le tour du pied du mât. En abord on place un râtelier à cabillots.

En général les deux bittons de l'avant portent des clans, dans lesquels passent les écoutes et cargue-fonds des huniers ; ils sont légèrement dévoyés, pour qu'on puisse plus facilement élonger les garants. Dans les bittons de l'arrière passent les écoutes de perroquet, cargue-fonds, cargue-boulines, cargue-points. Les balancines font retour au pied du mât, dans des moques à rouet, et sont tournées au cercle à cabillots, qui entoure le mât.

Les drisses de hune tombent toujours en abord ; leurs garants sont lovés dans les *bailles à drisses*, pour les protéger contre l'humidité, et les avoir toujours prêtes à amener.

Pour le point où tombent les autres manœuvres, il n'y a pas toujours uniformité complète. Nous donnons, à titre de renseignement relatif à la disposition générale des retours, le plan de pitonnage du vaisseau l'Arcole (*pl.* 321-322, *fig.* 1570 à 1572).

Pouliage. — On emploie dans le gréement un grand nombre d'objets de pouliage, qui sont réglementés, et divisés par le règlement en cinq catégories.

1re catégorie. — Poulies en bois à estrope en corde et rouets de gaïac (*pl.* 312, *fig.* 1573-1574), qui se composent de deux joues, d'un essieu et d'un rouet monté sur un dé en bronze ; à défaut de gaïac de dimension suffisante, on admet les rouets en bronze.

2e catégorie. — Poulies ferrées (*pl.* 321, *fig.* 1575-1576), et coupées (*pl.* 322, *fig.* 1577-1578), à rouets de gaïac et de bronze.

3e catégorie. — Chapes en fer (*pl.* 316, *fig.* 1579-1580).

4e catégorie. — Galoches, baraquettes (*pl.* 316, *fig.* 1581-1582), moques (*pl.* 300, *fig.* 1510-1511), caps de mouton (*pl.* 297, *fig.* 1495-1496).

5e catégorie. — Crocs, cosses.

L'examen de ces objets rendra facilement compte de leur usage ; chacun d'eux est désigné par un repère ou lettre conventionnelle : PS poulie simple à estrope, PFC poulie ferrée de capon, CMF cap de mouton ferré, etc., etc.. (Voir le tableau n° 1 du Règlement de pouliage, inséré dans le Règlement de mâture de 1879.)



Les poulies sont mises en correspondance avec leur garant, quand l'épaisseur du rouet est les $\frac{4}{10}$ de la circonférence du cordage nu, et les $\frac{452}{1000}$ de la circonférence du cordage fourré.

On appelle *rapport* d'une poulie le rapport de son diamètre à son épaisseur; il peut varier de 4 à 9 suivant l'espèce de poulie. L'épaisseur du rouet étant dans un rapport constant avec le diamètre du cordage, il en résulte que la raideur des cordes est d'autant moins sensible, que le rapport de la poulie est plus élevé.

Matelotage (1). — On appelle *matelotage* l'ensemble des menus procédés relatifs au travail et à l'assemblage des cordages. Quelques opérations sont essentielles à connaître.

Congréer (*pl.* 320, *fig.* 1583). Garnir d'un filin plus mince remplissant les vides des torons.

Limander. Recouvrir le cordage de bandelettes de toile en hélice.

Fourrer (*pl.* 320, *fig.* 1584). Garnir de tours serrés en hélice d'un petit cordage; se fait au moyen de la mailloche à fourrer.

Amarrage plat (*pl.* 319, *fig.* 1585, *a*). Plusieurs tours parallèles sur deux bouts de cordages parallèles.

Amarrage plat avec bridure (*pl.* 319, *fig.* 1585, *b*). On ajoute quelques tours transversaux.

Amarrage plat croisé (*pl.* 319, *fig.* 1585, *c*).

Portugaise (*pl.* 314, *fig.* 1586). Plusieurs tours alternatifs passant autour des cordages et entre eux.

Rousture (*pl.* 313, *fig.* 1587). Demi-clefs placées à se toucher, et réunissant deux pièces de bois en contact.

Velture (*pl.* 320, *fig.* 1588). Réunit deux pièces de bois maintenues à distance; plusieurs tours les embrassent, et d'autres tours sont faits perpendiculairement entre les pièces à réunir.

Épissure. Mode de réunion de deux bouts de cordages, en les décomettant, et passant plusieurs fois les torons de l'un entre ceux de l'autre; on distingue les épissures carrées (*pl.* 314, *fig.* 1589), et les épissures longues (*pl.* 314, *fig.* 1590), qui augmentent moins le diamètre du cordage.

Gréement des navires de commerce. — Le gréement des navires de commerce est la plupart du temps plus simple que celui des navires de guerre. Il offre en outre des différences, qui tiennent à la recherche d'une moindre dépense, et à la faiblesse numérique des équipages.

Nous avons déjà parlé des ris mécaniques; sur les navires à vapeur, les treuils à vapeur placés en divers endroits du pont servent à hisser et à serrer le petit nombre de voiles, dont les navires disposent, qui sont le plus souvent des goëlettes et des focs.

Sur les voiliers on remarquera l'introduction du fer dans un certain nombre de manœuvres courantes, telles que les drisses et les écoutes de hune. Les poulies sont installées au bout de longues pantoires en chaîne ou en fil de fer; on économise ainsi sur la longueur du garant; on rend en outre celui-ci plus facile à affaler, le poids de la poulie et de sa pantoire la faisant tomber verticalement, quand, comme pour les bras par exemple, elle est maintenue presque horizontale tant que le garant est raide.

Enfin, la marine de commerce emploie presque partout des poulies estropées en fer.

(1) Consulter les quatre premiers chapitres du *Manuel du gabier*.

LÉGENDE DES PLANCHES 321-322.

PITONNAGE DE L'ARCOLE.

Muraille extérieure.

1. Liure de beaupré.
2. Galoche de halage.
3. Minot.
4. Chaînes de minot.
5. Pitons pour chaînes de minot.
6. Support de tangon.
7. Chaîne de galhauban étranglé.
8. Chaîne de galhauban du travers.
9. Chaîne de hauban.
10. Chaîne de galhauban de hune.
11. Chaîne de galhauban de perroquet.
12. Chaîne de galhauban de flèche.
13. Boucles de pataras.
14. Support de porte-haubans.
15. Chaumard pour écoute de misaine.
16. Chaumard pour bonnettes et bras de tangon.
17. Échelle de commandement.
18. Chaumard pour écoute de grand'voile.
19. Vergue de brasseyage.
20. Jambe de force pour vergue de brasseyage.
21. Portemanteau arrière.
22. Taquet.

Muraille intérieure.

23. Taquet pour écoute de foc.
24. Piton pour écoute de foc.
25. Piton disponible.
26. Piton disponible.
27. Piton pour retour d'écoute du petit hunier.
28. Trou pour bosse de bout.
29. Râtelier de manœuvre.
30. Piton pour cartahu de bout-dehors de misaine.
31. Piton pour cartahu de bout-dehors de petit hunier.
32. Piton pour cargue-fond de petit perroquet.
33. Piton pour saisir l'échelle de corde.
34. Arcs-boutants pour l'échelle de corde.
35. Piton pour la cargue-bouline.
36. Piton pour drisse de foc.
37. Piton disponible.
38. Piton pour drisse de petit hunier.
39. Piton pour drisse de petit perroquet.
40. Taquet pour drisse de flamme.
41. Taquet pour drisse de petit hunier.
42. Piton pour écoute de misaine goëlette.
43. Taquet pour écoute de misaine.
44. Chaumard pour écoute de misaine.
45. Piton disponible.
46. Chaumard pour bonnette et bras de tangon.
47. Piton pour cartahu de bout-dehors de grand'voile.
48. Piton pour cartahu de bout-dehors de grand hunier.
49. Piton pour balancine de grand perroquet.
50. Piton pour cargue-fond de grand perroquet.
51. Piton pour drisse de grand perroquet.
52. Piton pour drisse de grand'vergue.
53. Piton pour bouline de perruche.
54. Piton disponible.
55. Piton pour cargue-bouline de grand'voile.
56. Piton pour drisse de hune.
57. Taquet pour drisse de grand hunier.
58. Taquet pour drisse de flamme.
59. Taquet pour écoute de grand'voile.
60. Piton pour cargue-fond de grand'voile.
61. Piton pour écoute de grand'voile.
62. Piton pour écoute de grand'voile goëlette.
63. Chaumard pour écoute de grand'voile.

Gaillard.

64. Taquet d'amure de misaine.
65. Bitton d'écoute de petit hunier.
66. Passage des étais du grand mât.
67. Boucles pour manœuvres diverses.
68. Piton pour balancine de tangon.
69. Piton pour balancine de petit perroquet.
70. Piton pour balancine de misaine.
71. Piton pour palan de roulis de misaine.
72. Piton pour balancine de petit hunier.
73. Piton pour palan de roulis de petit hunier.
74. Piton disponible.
75. Piton disponible.
76. Piton pour écoute de petit perroquet.
77. Piton pour palanquin de petit hunier.
78. Piton pour faux palanquin de petit hunier.
79. Piton pour cargue-bouline de petit hunier.
80. Piton pour cargue-fond de petit hunier.
81. Piton pour cargue-bouline de petit perroquet.
82. Piton pour cargue-fond de petit perroquet.
83. Piton pour chapeau de petit hunier.
84. Barre de manœuvre.

85. Trou pour le passage de la guinderesse du petit mât de hune.
86. Trou pour la drisse du petit hunier.
87. Boucle pour drisse de petit hunier.
88. Boucle pour drisse de petit hunier.
89. Bitton pour bras de misaine.
90. Boucle pour palan de charge et braguet.
91. Trou pour guinderesse de grand hunier.
92. Piton pour balancine de grand perroquet.
93. Piton pour balancine de grand'vergue.
94. Piton pour balancine de grand hunier.
95. Piton pour balancine intermédiaire de grand'vergue.
96. Piton pour drisse de bonnette de grand hunier.
97. Trou pour la drisse du grand hunier.
98. Boucle pour drisse du grand hunier.
99. Cosse pour bras de perroquet de fougue.
100. Cosse pour bras de vergue barrée.
101. Cosse pour cargue-bouline de grand'voile.
102. Cosse pour palanquin.
103. Cosse pour faux palanquin.
104. Cosse pour cargue-fond du grand hunier.
105. Taquet pour bras de misaine.
106. Taquet pour faux bras de misaine.
107. Taquet pour bras de grand hunier.
108. Bitton de pied de mât.
109. Piton pour cargue de brigantine.
110. Écoute de perroquet de fougue.
111. Piton pour balancine de vergue barrée.
112. Cosse pour cargue de brigantine.
113. Cosse pour garant de drosse.
114. Cosse pour cargue-fond de perroquet de fougue.
115. Cosse pour cargue-bouline de perroquet de fougue.
116. Cosse pour cargue-point de perroquet de fougue.
117. Piton pour balancine de perroquet de fougue.
118. Piton pour drisse de pic.
119. Taquet pour amure de bonnette.
120. Piton pour cargue de perroquet de fougue.
121. Taquet pour palan de garde.
122. Taquet pour grand bras.
123. Taquet pour écoute de gui.
124. Piton pour écoute de gui.

CHAPITRE LV.

VOILURE.

Composition des voiles. — Les voiles sont composées de bandes de toile appelées *laizes*, assemblées par des coutures ; elles sont consolidées aux points de fatigue par des renforts, sur les bords par des ourlets appelés *gaînes*, et par un cordage appelé *ralingue*.

Les voiles, que nous avons considérées jusqu'ici comme des surfaces planes, limitées par des lignes droites, sont en réalité tantôt planes, tantôt courbes, et leurs bords ont une courbure tantôt convexe et tantôt concave.

Les voiles carrées sont planes, mais leurs chutes et leur bordure sont échancrées. Quand la voile enverguée est tendue par ses écoutes, et gonflée par le vent, elle prend une courbure verticale et une courbure horizontale ; plus celle-ci est prononcée, plus il faut que l'angle de la vergue et du vent soit grand, pour que la voile ne ralingue pas. En échancrant les chutes, la tension, donnée aux ralingues en étarquant la voile, tend transversalement la partie à mi-distance des deux vergues, et rend la voile plus plate. La possibilité de prendre les empointures de ris nécessite également l'échancrure des chutes, si l'on ne veut pas être conduit à développer d'une manière démesurée les bouts ; quant aux bordures, pour celles des voiles hautes le passage des étais, pour celles des basses voiles la présence sur le pont des embarcations nécessite également des échancrures. Les flèches des échancrures sont réglées de la manière suivante pour les voiles carrées.

	Flèche de bordure.	Flèche des côtés.
Basses voiles.	0,05	0,02
Huniers	0,04 à 0,05	0,04
Perroquets.	0,06 à 0,08	0,02
Cacatois	0,05	0,02

La bordure des basses voiles est droite sur les 3/5 du milieu ; la flèche varie suivant les circonstances locales.

Pour les voiles triangulaires et les voiles auriques, il faut éviter que la voile ne fasse la poche, et faciliter le dégagement de l'air par l'arrière et non par le bas. On y arrive en donnant du mou aux laizes, c'est-à-dire en donnant à chaque laize un peu plus de longueur qu'à celle qui la précède, en la fronçant légèrement et régulièrement, de manière que les extrémités coïncident. On emploie également les coutures forcées, c'est-à-dire qu'on augmente sur une certaine longueur le recouvrement des laizes.

Ces voiles ont en outre sur certains de leurs côtés du *rond*, c'est-à-dire une courbure convexe ; dans les voiles goëlettes, l'envergure et la bordure sont rondes, suivant des arcs de cercle

dont la flèche est surtout sensible sur la bordure, où elle atteint 2 centimètres par mètre. L'envergure et la bordure des focs ont toujours une convexité, qui n'est pas circulaire ; son *pied*, ou flèche maxima, est placé pour la bordure au tiers ou à la moitié à partir de l'écoute ; pour l'envergure, le pied varie du 1/3 au 1/4 de la droite d'envergure à partir de l'amure.

Matières employées. Toiles de chanvre. — On emploie pour la confection des voiles des toiles de chanvre et de lin de qualité supérieure. Les toiles de chanvre sont reçues en pièces de 60 mètres, avec tolérance de 8 mètres en plus ou en moins ; elles ont une largeur uniforme de 57 centimètres, et à 30 millimètres de chaque lisière sont placés trois fils bleus, plus gros que ceux de la trame, qui servent de guide pour la couture de largeur normale, qui, déduction faite du recouvrement, réduit la largeur utile de la laize à 54 centimètres.

La fabrication des toiles est soumise à certaines prescriptions : les fils doivent être réguliers et filés mécaniquement, être lessivés aux alcalis ; la toile, purgée d'encollage, et régulière en chaîne et en trame. La résistance est mesurée sur des bandes de 5 centimètres de large ; les poids par mètre courant, les nombres de fils et les résistances doivent satisfaire aux conditions inscrites dans le tableau ci-dessous.

TOILES.	NUMÉROS	NOMBRE de fils de chaîne pour chaque espèce de toile.	NOMBRE de fils de trame par mètre courant.	MAXIMUM de poids du mètre courant en kilogrammes.	MINIMUM DE FORCE DYNAMOMÉTRIQUE en kilogrammes.	
					Chaine.	Trame.
A fils multiples	1	1240	700 à 760	0,550	275	410
	2	1240	780 à 850	0,500	255	380
	3	1240	810 à 890	0,470	240	360
	4	1280	870 à 950	0,440	220	230
	5	1320	950 à 1040	0,400	200	300
	6	1400	1020 à 1110	0,350	170	255
A fils simples	7	960	1170 à 1270	0,310	155	230
	8	960	1350 à 1450	0,270	135	200

Les toiles à fils simples sont celles dans lesquelles un fil de trame passe alternativement au-dessus et au-dessous de chaque fil de chaîne ; dans les toiles à fils multiples, deux fils de chaîne sont laissés alternativement de chaque côté.

Toiles de lin. — Depuis quelques années on emploie à titre d'essai des toiles à voile en lin, à doubles fils retors, qui paraissent offrir une résistance plus grande, une durée équivalente et une plus grande souplesse. Les cinq premiers numéros de ces toiles ont une largeur de 61 centimètres ; les deux derniers, destinés à des embarcations, ont 40 centimètres ; la largeur de la couture varie avec le numéro des toiles, de 36 à 16 millimètres. Les conditions de poids, de nombre de fils et de résistance sont données dans le tableau ci-dessous. On remarquera que la force de la chaîne a été notablement accrue.

TABLEAU



TOILES.	NUMÉROS	NOMBRE des fils de chaîne pour chaque espèce de toile.	NOMBRE de fils de trame par mètre courant.	MAXIMUM de poids du mètre courant en kilogrammes.	MINIMUM DE FORCE DYNAMOMÉTRIQUE en kilogrammes. Chaîne.	Trame.
Toiles à voile pour bâtiments, de 61 centimètres de laize.	1	720	730 à 800	0,560	315	400
	2	800	850 à 930	0,470	265	340
	3	900	980 à 1070	0,390	220	280
	4	1000	1150 à 1250	0,325	185	230
	5	1100	1320 à 1450	0,270	155	200
Toiles à voile d'embarcation de 40 centimètres de laize. .	4 *bis*	650	1320 à 1450	0,208	175	225
	5 *bis*	700	1600 à 1750	0,150	120	150

Il est interdit de mélanger dans la même voile la toile de lin à la toile de chanvre ; chacune d'elles doit être cousue en fil de même nature que la toile.

Toiles à hamacs, à prélarts. — On emploie pour les hamacs, les prélarts, capots d'écoutilles, toiles de bastingage, manches à vent, des toiles spéciales, inférieures comme qualité à la toile à voile.

Ralingues. — Les ralingues sont des aussières plus souples que les aussières ordinaires par suite de leur peu de commettage ; elles sont cousues au bord des voiles, pour les renforcer. Quand la ralingue a juste la longueur de la toile, l'ouvrier *pousse droit ;* quand la ralingue est plus courte que la toile, l'ouvrier fait *boire* la toile, ou pousse *en arrière;* quand enfin la ralingue est plus longue, l'ouvrier pousse *en avant.*

Fil à voiles. — La couture se fait à l'aide d'un fort fil goudronné en lin ou en chanvre.

Coupe des voiles. — Pour couper une voile, il faut déterminer graphiquement, ou par le calcul, les dimensions de toutes les laizes. On appelle *droit fil* d'une laize sa largeur en trame ; une laize peut se terminer par une coupe à *droit fil,* ou par une *coupe oblique,* qui est déterminée par sa *hauteur de coupe.*

La hauteur de coupe BC (*pl.* 323, *fig.* 1591), le droit fil AB et la longueur de coupe AC forment le triangle de coupe ; AB étant connu, l'une des deux quantités AC ou BC détermine l'autre. Le calcul doit se faire en prenant pour le droit fil la largeur de laize réduite, soit 54 centimètres pour la toile de chanvre, et 58 centimètres pour la toile à fils retors.

La disposition des laizes diffère suivant l'espèce des voiles ; dans les voiles carrées les coutures sont perpendiculaires à l'envergure ; dans les voiles auriques et les focs, elles sont parallèles à la chute arrière, dans les bonnettes, à la chute en dedans ; il peut donc y avoir des coupes obliques sur trois côtés.

Voile à côtés droits. — Étant données les dimensions d'une voile (*pl.* 323, *fig.* 1592), déterminées par ses côtés, il faut commencer par calculer ses droits fils ; si nous prenons par exemple un artimon plan, on calculera, en tenant compte du surcroît de dimensions, nécessité par les gaines :

1° Le droit fil A F', qui, divisé par 54 centimètres, donne le nombre des laizes ;

2° Le droit fil G F, qui donne de la même manière le nombre de laizes d'envergure ;

3° $\frac{AF'' - GF}{0,54}$ = nombre de laizes au mât ;

4° PF, coupe d'envergure, qui, divisée par le nombre de laizes d'envergure, donne la hauteur de coupe de chacune d'elles ;

5° EF'', coupe de bordure, qui, divisée par le nombre total de laizes, donne la coupe de bordure de chacune d'elles ;

6° PE — PF — EF'', coupe au mât, qui divisée par le nombre de laizes au mât, donne la coupe au mât de chacune d'elles.

On obtiendra le grand côté de chaque laize, en ajoutant au grand côté de la précédente la somme de ses coupes obliques. Ainsi, la hauteur de chaque laize au mât s'obtiendra en ajoutant à la précédente la hauteur de coupe au mât, et la hauteur de coupe de bordure. Pour les laizes d'envergure, il faudra ajouter la somme des coupes de bordure et d'envergure.

Il arrive généralement que le droit fil n'est pas égal à un multiple de 54 centimètres ; dans ce cas, il y a une fraction de laize, à laquelle il faut donner une hauteur de coupe proportionnelle ; on établira ainsi un tableau de coupe, dont nous donnons un exemple extrait du traité de voilerie de M. Consolin.

NUMÉROS DES LAIZES.	1	2	3	4 dont 0,45 pour le mât.	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Coupe au mât. . . .	2,51	2,51	2,51	1,13	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
— d'envergure .	»	»	»	0,15	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
— de bordure. .	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Sommes	2,60	2,60	2,60	1,37	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Lis du vent	0,24	2,84	5,44	8,04	9,41	9,80	10,19	10,58	10,97	11,36	11,73	12,14	12,53	12,92	13,31
Côté de coupe . .	2,84	5,44	8,04	9,41	9,80	10,19	10,58	10,97	11,36	11,75	12,14	12,53	12,92	13,31	13,70

	m		m
Envergure.	7,00	Chute arrière	13,50
Bordure.	8,06	Diagonale d'écoute	11,70
Mât	8,90	Gaine.	0,10

Voiles à côtés courbes. — Les voiles à côtés courbes ont tantôt des courbures en arcs de cercle, déterminées par les cordes et les flèches, comme la bordure et les chutes des voiles carrées, tantôt, comme pour les focs, des courbures arbitraires, dont on ne donne que la flèche en grandeur et en position.

Dans le premier cas (*pl.* 323, *fig.* 1593), il est facile de faire le calcul des hauteurs de coupe de toutes les laizes ; ainsi, supposons que AB représente la droite de chute d'une voile carrée, et MC sa flèche. Il sera facile de calculer la position du centre o de l'arc de cercle BCA, de rayon R, qui doit limiter la chute. Prenant ensuite une laize $m'mnn'$, dont les coutures ont une position déterminée, il suffira de calculer $nn'' = \sqrt{R^2 - on''^2}$, $mm'' = \sqrt{R^2 - om''^2}$, et de faire la différence de ces deux

quantités, pour avoir la hauteur de coupe de la laize considérée. Ces calculs, basés uniquement sur des résolutions de triangles rectangles, n'offrent aucune difficulté.

On remarquera toutefois que la bordure et l'envergure ne donneront pas généralement un nombre entier de laizes, et que, par suite, il y aura de petites laizes aux points A et B. On s'assurera enfin, après le calcul fait, que la somme des hauteurs de coupe calculées est égale à la hauteur de coupe totale BD.

Si on veut couper une voile à côtés courbes non circulaires (*pl.* 323, *fig.* 1594), on commencera par tracer la flèche géométrique MC, en donnant à son pied C la position prescrite. On en déduira la flèche sur couture ME ; si, en effet, on abaisse du point d'amure A une perpendiculaire AT sur la bordure BD, on aura deux triangles semblables MEC, ABT, qui permettent de déterminer par le calcul ME, flèche sur couture, EC, distance du pied des deux flèches ; d'où on déduira A*e*, droit fil de la flèche sur couture.

La tangente en M étant parallèle à AB, la laize qui comprendra ME recevra la coupe moyenne, c'est-à-dire celle qu'on donnerait à toutes les laizes, si la voile était taillée droite.

La somme des grande coupes M*e* s'obtient en multipliant le nombre de laizes n (entier ou fractionnaire) de A en e, par la coupe moyenne $\frac{\mathrm{E}e}{n}$, et en y ajoutant la flèche sur couture ME.

La somme des petites coupes s'obtiendra de même, en multipliant le nombre p des petites coupes de e en T, par la coupe moyenne $\frac{\mathrm{BT}-\mathrm{E}e}{p}$, et en en retranchant la flèche sur couture ME ; elle devra être égale à la somme des coupes moyennes BT, diminuée de la somme des grandes coupes M*e*. Enfin, on établit par tâtonnement une progression arithmétique décroissante, dont le nombre des termes est le nombre des laizes de grande coupe, et dont la somme est la flèche sur couture ; en retranchant de la coupe moyenne les nombres ainsi obtenus, on obtiendra les hauteurs de coupe successives des laizes.

Ainsi, en supposant que la flèche sur couture tombe sur la quatrième laize (*pl.* 323, *fig.* 1595), on donnera à celle-ci la hauteur de coupe moyenne, on divisera la flèche sur couture ME en trois parties, $p''n''$, $p'n = n''k$, $pn = kl$, croissant en progression arithmétique, et on les ajoutera à la hauteur de coupe moyenne $n''m'' = n'm' = nm$, pour obtenir les hauteurs de coupe définitives $p''m''$, $p'm'$, pm.

On procédera de la même manière pour obtenir les petites coupes, qui donnent également comme total la flèche sur couture, et qui, reportées sur un plus grand nombre de laizes, donneront une variation plus graduée.

Voiles à surface courbe. — Les voiles auriques et les focs ont, en général, non seulement les côtés, mais encore la surface courbe, ce qu'on obtient par le mou, et par le forcement des coutures.

Le mou (*pl.* 323, *fig.* 1596) est une différence de longueur entre le lis du vent d'une laize et le grand côté de la précédente, assez petite d'ailleurs pour qu'on puisse les réunir par une couture, en faisant boire le mou, sans que les extrémités se dépassent. Il en résulte un léger froncement sur le lis du vent, et par suite une faible conicité donnée à la laize, qui cesse d'être plane. Le mou propre de chaque laize s'ajoute aux mous des laizes du vent, qui en ont déjà reçu, et donne le mou total de chaque laize ; il faudra donc répartir sur les différentes laizes le mou que l'on veut donner à la chute arrière, et cette répartition se fera suivant la progression naturelle 1, 2, 3, 4, etc.

Ainsi supposons une voile aurique de 10 mètres de chute arrière, et de 14 laizes d'envergure,

dont le mou de la première laize arrière est de $\frac{7}{1000}$, soit 7 centimètres; le mou, devant être réparti sur les laizes de la moitié arrière de l'envergure, portera sur 7 laizes.

On aura pour les mous successifs et pour les accroissements de longueur à donner aux laizes :

	Mous successifs.	Accroissements de longueur.
	m	m
7e laize	0,01	0,01
6e laize	0,02	0,01 + 0,02 = 0,03
5e laize	0,03	0,03 + 0,03 = 0,06
4e laize	0,04	0,06 + 0,04 = 0,10
3e laize	0,05	0,10 + 0,05 = 0,15
2e laize	0,06	0,15 + 0,06 = 0,21
1re laize	0,07	0,21 + 0,07 = 0,28

Le forcement des coutures a un effet analogue à celui du mou; il consiste à donner au recouvrement des laizes une largeur supérieure de 5 à 20 millimètres à la largeur normale, qui est de 30 millimètres. Il se pratique dans la partie inférieure des coutures des focs, sur 1 mètre à 2m,50 de hauteur, et à la partie supérieure de l'arrière des voiles auriques.

Sur chaque couture, cet élargissement se fait graduellement; en outre les élargissements maxima vont en croissant suivant une progression arithmétique.

L'effet ainsi obtenu est une courbure légère de chaque laize dans son plan, courbure qui s'accroît graduellement par l'accumulation des courbures produites par le forcement des coutures précédentes, et finit par donner du rond à la chute arrière.

Le mou et le forcement conduisent à modifier la coupe, telle qu'elle résulte des explications données pour les voiles planes. Pour celles-ci, on calcule le nombre des laizes en divisant le droit fil calculé d'après les dimensions de la voile, et augmenté des gaines, par la largeur réduite d'une laize, soit 54 centimètres. Dans une voile à coutures forcées, la largeur moyenne d'une laize est égale à 54 centimètres moins le forcement moyen; suivant la voile, elle variera, et pourra descendre jusqu'à 52 centimètres, et c'est de ce diviseur qu'il faudra se servir pour obtenir le nombre de laizes, qui sera toujours plus considérable que pour une voile plane de même dimension. Il en résultera que le calcul des hauteurs de coupe se fera d'après ce nouveau nombre de laizes, et que les coupes ne seront plus les mêmes que si la voile était plane. En second lieu, les longueurs des laizes devront être augmentées de la somme des mous successifs, qui viendront s'ajouter aux longueurs déduites de la somme des coupes des laizes précédentes.

Registre de confection. — Le calcul des laizes, ou leur mesurage sur un tracé en vraie grandeur étant terminé, on devra inscrire sur le registre de confection un tableau fournissant pour chaque laize les éléments suivants :

Longueurs des coutures (mou non compris);
Hauteurs des coupes au droit fil réduit;
Longueur du mou partiel à donner;
Élargissement des coutures, et point auquel il s'arrête.

Ce relevé sert à reproduire une voile identique pour un navire en cours de campagne.

Coutures. — La réunion des laizes se fait par deux coutures à *point broché*, c'est-à-dire que le fil passe alternativement d'un côté à l'autre de la double épaisseur de toile, sans revenir sur



lui-même. Dans les toiles des numéros supérieurs, le milieu des coutures d'assemblage est renforcé par une ligne de points *piqués,* c'est-à-dire que le fil revient en arrière passer dans le trou qu'il a traversé précédemment.

Gaînes, renforts. — On replie (ou on *frotte*) sur le bord des voiles des ourlets appelés *gaînes*, dont la largeur varie de 8 à 15 centimètres ; elles consolident la voile à l'endroit où l'on coud la ralingue. A tous les points de fatigue, à l'envergure, aux ris, aux palanquins, aux fonds, etc., on place des renforts ou doublages en toile, qui, le plus souvent, sont faufilés sur l'un de leurs bords, rabattus et tenus par une ou deux rangées de points piqués. Il convient de ne pas trop les tendre dans le sens de la chute en les cousant, pour éviter que l'allongement de la chaîne du corps de la voile ne tende les renforts, ce qui ferait fatiguer la couture et la toile. Les tabliers des huniers et des perroquets, les chapeaux, qui sont des renforts composés de plusieurs laizes, sont assemblés à part, et fixés de même sur leurs bords, et en outre par une rangée de piqûres au milieu de chaque laize.

Ralingues. — La mise en place des ralingues ne se fait qu'après les avoir fortement palanquées, et les avoir allongées autant que possible, afin de faire porter toute la fatigue sur la ralingue et non sur la toile; on donne en outre, en cousant la voile, un mou de $\frac{1}{100}$. Les ralingues sont protégées contre les frottements par des bandes de basane aux empointures, et sur une partie des fonds ; on les congrée et on les fourre en outre près des points.

Cosses. — Les empointures d'envergure passent dans des cosses (*pl.* 324, *fig.* 1597) fixées aux points des voiles. On les place dans un trou percé dans la gaine, ralingué avec un bout de filin, ou *étrangloir,* auquel on fait faire plusieurs tours autour de la cosse, et dont on finit par faire une tresse plate cousue sur la voile.

Les cosses des points d'écoute de basse voile (*pl.* 325, *fig.* 1598) sont fixées aussi par un étrangloir; mais on abat l'angle extérieur de la toile, qui ne porte que par une demi-circonférence sur la cosse, embrassée par la ralingue. On perce en outre près de la cosse trois œillets, dans lesquels on fait passer un amarrage en portugaise, qui réunit la ralingue de fond et la ralingue de chute.

Les cosses dont la tenue est moins essentielle, ris, palanquins (*pl.* 325, *fig.* 1599), sont fixées par des pattes, dont le filin embrasse la filière, et traverse la gaine dans deux œillets.

Les boulines se fixent à des pattes formées d'un bout de filin, passé dans la ralingue et recommis ensuite.

Forme des voiles. Basses voiles. — L'envergure (*pl.* 324, *fig.* 1600) des basses voiles est les $\frac{95}{100}$ de celle de la vergue ; la bordure de grand'voile est égale à la longueur totale de la vergue, la bordure de misaine à l'envergure de la vergue, plus un bout. Les points d'écoute et d'amure sont à une hauteur au-dessus du pont variable de $1^m,60$ à $2^m,05$.

La bordure est échancrée avec une flèche des $\frac{5}{100}$ de sa longueur; elle est droite sur les $\frac{3}{5}$ du milieu. Les côtés sont échancrés de $\frac{2}{100}$ de la chute totale; la bande du deuxième ris ne doit pas dépasser l'envergure.

Il y a tantôt deux, tantôt une seule bande de ris, placées aux $\frac{16}{100}$ et aux $\frac{32}{100}$, ou, quand il n'y en a qu'une aux $\frac{20}{100}$ de la chute totale. La voile est renforcée tout le long des fonds, des côtés et de la bordure, par une largeur de laize cousue sur l'avant, avec pointe à la retombée des points ; un tra-



pèze appelé *chapeau*, cousu sur l'arrière, a pour largeur le quart de l'envergure ; il est arrêté à la première bande de ris, et continué jusqu'à la seconde par une laize verticale, dite de *couillard ;* le couillard vient se fixer à un œillet pratiqué dans le chapeau, partie qui fatigue quand on serre la voile. A la hauteur des cosses de palanquin et de faux palanquin, est placé un renfort oblique dirigé vers le point d'écoute opposé, sur une longueur de 2 mètres à 2m,50.

Sur le contour de la voile sont placés des pattes et des œillets d'envergure, des œillets d'empointure de ris et de palanquin, des pattes de bouline, des œillets de fond pour l'attache de la cargue-fond.

Huniers. — L'envergure (*pl.* 324, *fig.* 1601) est les $\frac{94}{100}$ de celle de la vergue de hune, la bordure les $\frac{96}{100}$ de l'envergure de la basse-vergue. L'échancrure est les $\frac{4}{100}$, et pour les perroquets de fougue les $\frac{5}{100}$ de la ligne droite de bordure ; le tiers du milieu est coupé en ligne droite.

Les côtés ont une flèche de $\frac{4}{100}$ de la chute totale, qui doit se trouver à la hauteur de la bande de ris la plus basse, celle-ci ne devant jamais être plus longue que l'envergure.

Il y a quatre ris aux huniers de grande dimension, la hauteur du quatrième ris étant aux $\frac{45}{100}$ de la chute totale ; trois ris aux autres, le troisième étant à une hauteur de $\frac{40}{100}$ à partir de l'envergure. Les quatre côtés de la voile portent un renfort d'une laize, placé sur l'avant ; à l'arrière, on trouve en haut le triangle du *chapeau*, en bas le trapèze du *tablier*, réunis par une ou deux laizes médianes, qui vont de la plus basse à la plus haute des bandes de ris. La voile est ainsi renforcée par le tablier aux points où elle peut frotter contre la hune ; un ou deux couillards sont fixés au chapeau.

Il y a en outre des renforts obliques pour le grand palanquin, dirigés vers le point d'écoute opposé, des renforts de faux-palanquins parallèles aux premiers, des bandes de ris, un renfort comblant le vide entre la bande de ris inférieure et le renfort de grand palanquin, enfin un renfort d'œillets d'empointure de ris, sur le côté de la bande de ris inférieure, jusqu'au renfort du grand palanquin.

Les pattes et œillets sont disposés comme ceux des basses voiles.

Perroquets. — La coupe des perroquets (*pl.* 324, *fig.* 1602) est analogue à celle des huniers ; la flèche de bordure est un peu plus forte $\left(\frac{6}{100}\text{ et }\frac{8}{100}\right)$; celle des côtés un peu plus faible $\left(\frac{2}{100}\right)$, et placée au milieu du côté.

Les doublages sont d'une demi-laize sur tout le pourtour, sur l'avant ; à l'arrière se trouvent un chapeau et un tablier, réunis par une laize ; il y a un œillet de couillard.

Il n'y a pas de ris aux perroquets, et par suite pas de palanquin.

Cacatois. — Les cacatois (*pl.* 324, *fig.* 1603) ont un doublage large d'un tiers de laize sur l'envergure et le fond ; ils ont un chapeau et un couillard.

Bonnettes basses. — Il y a toujours deux bonnettes basses (*pl.* 324, *fig.* 1604) de même chute, et rectangulaires ; la grande a les $\frac{60}{100}$, et la petite les $\frac{50}{100}$ de l'envergure de misaine. La grande a un ris à la hauteur du premier ris de la misaine.

Il n'y a pas de bande de ris ; il n'y a d'autre renfort qu'un bout de laize à chaque point, ayant pour longueur la hauteur d'un ris.

Bonnettes de hune. — Il y a également deux bonnettes de hune (*pl.* 324, *fig.* 1605) pour

le petit hunier ; une seule pour le grand ; elles ont la forme d'un trapèze, dont deux côtés sont parallèles aux vergues.

Il existe un ris sans bande de ris ; les points sont renforcés comme ceux de la bonnette basse.

Bonnettes de perroquet. — Elles sont toujours simples (*pl.* 324, *fig.* 1606), sans ris et renforcées comme celle de hune.

Brigantine. — L'envergure (*pl.* 325, *fig.* 1607) est les $\frac{94}{100}$ de celle de la corne, les $\frac{92}{100}$ si elle est à chemin de fer; la bordure est les $\frac{94}{100}$ de l'envergure du gui ; le point d'écoute est un peu relevé, de manière à se trouver sur la diagonale du tracé théorique de la voile.

La flèche d'envergure est les $\frac{2}{100}$ de l'envergure, et placée au tiers à partir de la drisse.

Quand il y a un ris, il est pris dans la partie inférieure de la voile, au moyen de garcettes passant dans des œillets percés sur les coutures, sans bande de ris. Il y a un doublage d'une laize tout le long de la chute au mât, deux doublages partiels au point d'écoute et au point de drisse, enfin un doublage en secteur au point d'amure.

La cosse de la mâchoire est placée dans la toile ; les autres, écoute, amure, drisse, dans des œillets avec bague à queue.

Voiles goëlettes. — L'envergure est réglée comme celle de la brigantine, son rond est le même. Le rond de bordure est de $\frac{2}{100}$, placé au milieu.

Les doublages sont les mêmes que pour la brigantine ; on ajoute des renforts supplémentaires au mât et sur la chute arrière, à la hauteur des ris, quand il y en a.

Focs (*pl.* 325, *fig.* 1608). — Les focs sont coupés courbes à l'envergure et à la bordure ; la flèche de l'envergure est au tiers à partir de l'amure, celle de bordure à la moitié.

Il y a un doublage tout le long de l'envergure, un doublage de 1 mètre au point de drisse, un doublage de 2 mètres et un secteur au point d'écoute, enfin une pointe au point d'amure.

Une bague à queue est posée sur chaque couture à l'envergure, pour l'attache des anneaux sur la draille.

Phares abaissés. — Nous signalerons seulement les principales particularités, qui différencient les voiles du système des phares abaissés.

Huniers. — Il n'y a pas de moques aux points d'écoute, celles-ci étant simples ; il n'y a jamais que deux ris.

Bonnettes. — Il n'y a qu'un seul jeu de bonnettes, et pas de bonnettes de perroquet.

Brigantine. — La brigantine peut être bordée sans gui ; la bordure a un rond de $\frac{25}{1000}$. Il y a toujours deux ris, l'un au cinquième, l'autre aux deux cinquièmes de la chute à partir de la bordure.

Voiles goëlettes. — Elles reçoivent deux ris comme la brigantine.

Sur les beauprés du système des croiseurs, il n'existe pas de petit foc, c'est la trinquette qui le remplace.

FIN DE LA SEPTIÈME PARTIE.

HUITIÈME PARTIE.

PRINCIPAUX TYPES DE NAVIRES.

CHAPITRE LVI.

CONSTITUTION DE LA FLOTTE FRANÇAISE. — NAVIRES CUIRASSÉS.

Constitution et programme de la flotte: — Une flotte militaire a à remplir, soit en temps de paix, soit en temps de guerre, des rôles variés, auxquels sont appropriés des navires de dimension et de type spéciaux.

En temps de paix, la flotte a pour but d'appuyer les réclamations diplomatiques par des démonstrations militaires, de protéger, et de mettre en relation avec la métropole les colonies ; elle doit assurer la sécurité de la flotte de commerce, en étant prête à réprimer tout acte de piraterie ; enfin, vis-à-vis des peuples étrangers, elle doit de temps à autre intervenir, pour faire respecter les droits de nos nationaux. De là la nécessité d'avoir en temps de paix sur mer des *transports* et des *croiseurs*.

Le personnel marin, recruté pour la plus grande partie sur nos côtes, ne peut arriver à l'état d'entraînement et d'instruction professionnelle nécessaire, que s'il reçoit un enseignement méthodique, qui se donne partie à terre, partie à la mer. De là l'obligation, pour une nation qui entretient un état maritime considérable, d'avoir un certain nombre de *navires-écoles*, tels que l'école des aspirants, l'école des canonniers, l'école des gabiers, etc.

L'escadre d'évolution, qui se compose de navires de combat prêts à une action immédiate dans les mers d'Europe, peut aussi être considérée comme une école de manœuvre et de combat, sur laquelle le personnel, spécialisé préalablement sur d'autres navires, se fond en un ensemble homogène.

En temps de guerre, la flotte militaire est destinée à vaincre et à réduire l'ennemi ; dans le cas de l'offensive, l'action militaire s'engage sur le territoire ennemi par le bombardement et l'attaque d'ouvrages fortifiés, et le débarquement d'un corps d'armée. Pour atteindre ce but, il faut des transports, et des navires vigoureusement défendus, pourvus d'une puissante artillerie, pouvant pénétrer

dans des eaux peu profondes, une flotte de siège en un mot, qui en même temps servira à convoyer les transports.

Si l'ennemi n'attend pas l'attaque, et oppose une flotte aux assaillants, il faut, pour pouvoir la combattre, des navires analogues à ceux de la flotte de siège, mais doués d'une mobilité plus grande, d'un rayon d'action plus considérable : on aura besoin d'une flotte de haute mer.

Si l'ennemi vainqueur porte le théâtre de la guerre sur nos côtes, il faudra, pour les défendre, outre des fortifications établies à terre sur les points les plus importants, des navires dits *garde-côtes*, dont l'arme sera soit le canon, soit la torpille, pour lesquels le rayon d'action sera chose secondaire, puisqu'ils n'auront pas à s'éloigner beaucoup des points à défendre, fortement blindés et d'une vitesse modérée, ou défendus par leurs petites dimensions et leur extrême mobilité.

Une autre manière de faire la guerre maritime, qui de tout temps a été mise en pratique, et sur laquelle la lutte des États-Unis et des États confédérés a particulièrement appelé l'attention, c'est la course. Quoiqu'elle ne puisse avoir l'action décisive d'un débarquement en territoire ennemi, elle aurait, sur un adversaire possédant une importante marine de commerce, un effet démoralisateur sérieux. Cette guerre exige des navires doués d'une vitesse supérieure à celle des paquebots postaux, porteurs d'une artillerie nombreuse, mais de calibre médiocre. La protection dans ce cas paraît moins nécessaire, les croiseurs pouvant éviter la rencontre d'une flotte de haute mer toujours plus lente; le plus souvent ils captureront les navires de commerce sans coup férir, et ne combattront que rarement entre eux.

A cette énumération il convient d'ajouter un assez grand nombre de navires de petite dimension, destinés au service des arsenaux et des rades des ports de guerre, à la police des côtes, à la surveillance de la pêche, et désignés sous le nom de *bâtiments de servitude*, *stationnaires*, *garde-pêche*. Tous ces navires, quoique portés sur la liste de la flotte, ne constituent pas une force militaire.

Il résulte de ce qui précède, que les principaux types, qui composent actuellement une flotte, sont les suivants :

1° Navires de combat proprement dits, constituant une flotte de combat de haute mer ;

2° Navires d'attaque et de défense des côtes, agissant les uns par le feu de l'artillerie, d'autres en portant ou lançant des torpilles ;

3° Croiseurs naviguant isolément, et poursuivant les croiseurs ennemis et le commerce de l'adversaire ;

4° Transports destinés à relier les colonies à la métropole, ou à porter des troupes de débarquement;

5° Bâtiments de servitude.

Suivant l'état naval qu'une nation a le désir ou les moyens de se donner, suivant sa situation politique et géographique, le nombre et l'espèce des navires de chaque catégorie doivent varier. L'état naval d'un pays ne peut d'ailleurs être fixé qu'en tenant compte de celui des peuples avec lesquels une lutte est probable ou possible.

Programme de la flotte. — La classification et le nombre de navires composant notre flotte ont souvent varié.

Jusqu'en 1855, avant l'apparition des cuirassés, la flotte, composée d'un nombre restreint de types, dont la construction, l'armement et l'installation étaient pour chacun d'eux d'une uniformité parfaite, se divisait de la manière suivante :



Vaisseaux	de 1er rang	(trois batteries et gaillards). . . .	116 canons.
—	de 2e —	(deux batteries et gaillards). . . .	96 —
—	de 3e —	—	86 —
—	de 4e —	—	74 —
Frégates	de 1er —	(une batterie et gaillards)	60 —
—	de 2e —	—	50 —
—	de 3e —	—	40 —
Corvettes	de 1er —	—	30 —
—	de 2e —	(une batterie barbette)	24 —
—	avisos		16 —
Bricks.			20 —
Bricks.			16 —
Bricks-avisos.			10 —
Goëlettes.			6 à 8 —
Canonnières-bricks.			
Corvettes de charge.			
Gabares et transports à trois mâts, ou mâtés en brick.			

L'artillerie se composait de pièces lisses du calibre de 30 (16 centimètres) de quatre numéros, différant par leur longueur et leur poids, mais employant les mêmes munitions. Certains navires cependant recevaient quelques canons de 50 (19 centimètres), et quelques obusiers de 22 centimètres.

Un programme dressé en 1855 fixait le cadre de la flotte à hélice à 25 vaisseaux, 20 frégates, 30 corvettes, 60 avisos, sans compter les navires transformés de la flotte à voiles.

Le programme arrêté en 1857 comprenait :

40 vaisseaux de ligne;
20 frégates;
30 corvettes;
60 avisos.

La flotte des transports à vapeur devait pouvoir porter une armée de 40000 hommes, et de 12000 chevaux, avec son matériel.

L'apparition des cuirassés ne tarda pas à bouleverser ce programme; pendant un certain nombre d'années, la flotte cuirassée en bois se construisit, sans que le rang et le nombre des bâtiments, qui devaient la composer, fussent définis par aucun programme officiel.

En 1872, dans une période de réorganisation des services de la marine, le programme de la flotte fut arrêté de la manière suivante :

16 cuirassés de 1er rang;
12 — de 2e —
20 garde-côtes;
32 canonnières;
34 croiseurs . . . . . { 8 de 1re classe; 8 de 2e —; 18 de 3e — }
18 avisos.
15 grands transports . { 10 transports-écuries; 5 transports de Cochinchine; }
10 transports-avisos;
60 bâtiments de flottille,

Total. . . . . 217 (non compris les bâtiments de servitude et écoles flottantes).

Le temps nécessaire à la réalisation d'un programme de ce genre amène naturellement bien des changements et dans les modes de combat, et dans les courants d'opinion. Les dimensions des navires s'accrurent très rapidement, et au lieu des cuirassés de premier rang, tels que le Colbert et le Richelieu (8,800 tonneaux), on arriva presque aussitôt à des types de déplacement bien supérieur. En outre, un nouveau combattant, le torpilleur, apparaissait peu après, et se faisait une place grandissante jusqu'à présent, dans la composition des flottes.

Aussi, en 1879, le Conseil d'amirauté substitua-t-il au programme de 1872 le programme suivant :

26 cuirassés d'escadre;
10 cuirassés de station;
12 garde-côtes;
10 croiseurs à batterie;
16 croiseurs à batterie barbette;
16 avisos d'escadre;
16 avisos et canonnières de station;
10 grands transports;
16 transports de matériel;
20 bâtiments de flottille;
60 torpilleurs.

Outre que la dénomination des types de navires et leur nombre étaient modifiés, il y avait un changement profond, l'introduction dans la flotte des torpilleurs, navires alors nouveaux, qui devaient et doivent encore transformer la tactique navale et la composition des escadres.

La liste de la flotte, document publié annuellement, donne la nomenclature complète des navires à flot et en construction. Leurs dénominations ont subi d'assez fréquents changements, et la liste de 1886 les classe de la manière suivante :

Cuirassés	Cuirassés d'escadre;
	— de croisière;
	Garde-côtes cuirassés
	Canonnières cuirassées de 1re et 2e classes;
	Batteries flottantes cuirassées;
Croiseurs	Croiseurs à batterie;
	— de 1re classe;
	— de 2e —
	— de 3e —
	— torpilleurs;
Avisos.	Avisos de 1re classe;
	— de 2e —
	— de 3e —
	— transports;
	— torpilleurs;
Canonnières	Canonnières;
	Chaloupes canonnières;
	— à vapeur;
Torpilleurs.	Torpilleurs de haute mer;
	— garde-côtes de 1re classe;
	— — de 2e —
	— vedettes;

Transports.	Transports de 1re classe;
	— de 2e —
	— de 3e —

Navires à voiles;
Navires écoles.

Cuirassés. — Les navires de combat, qui ont précédé les cuirassés, ont été des navires à voiles, ou à vapeur; ceux-ci pour la plupart résultaient de l'addition d'une machine auxiliaire à une coque déjà construite, lui imprimant par suite une assez faible vitesse. Ce n'est que lors de la construction du Napoléon (1848), et des navires du même type, que l'affinement des formes, et l'adoption d'une puissante machine permirent d'obtenir des bâtiments de combat atteignant une vitesse de 13 nœuds.

Vers la même époque, la nécessité de protéger les flancs des navires contre les ravages des obus agitait l'opinion; M. Dupuy de Lôme, créateur du Napoléon, proposait dès 1845 les plans d'un navire recouvert d'une cuirasse épaisse de 166 millimètres; d'autres ingénieurs de la marine, MM. Gervaize et Guyesse, faisaient à la même époque des études du même genre. Il fallut la guerre de Crimée, et la nécessité de réduire les fortifications de Kinburn pour qu'on se décidât à créer le premier type de cuirassé, les batteries flottantes type Dévastation (1), sur les plans de M. Guyesse. Ces navires avaient un fond plat, des formes très pleines, une vitesse peu supérieure à 4 nœuds, qui en faisait de simples forts flottants. A la suite d'expériences faites à Vincennes, qui démontrèrent la supériorité des plaques massives sur les tôles superposées, on les revêtit de bout en bout d'une cuirasse de 110 millimètres.

Le succès des batteries flottantes contre les fortifications russes encouragea à construire non plus des batteries sans vitesse, mais toute une flotte de navires cuirassés de haute mer; les premiers de ces navires, dus à M. Dupuy de Lôme, furent du type Gloire (*pl.* 326, *fig.* 1609) (2) dont les dimensions et l'armement étaient les suivants :

Longueur	76m,89
Déplacement.	5618 tonneaux.

Artillerie : 36 canons de 16 centimètres, dont 2 sur les gaillards, auxquels on substitua plus tard 6 canons de 24 centimètres et 4 canons de 19 centimètres (modèle 1864).

Cuirasse	120 millimètres.

La coque de la Gloire était semblable à celle du vaisseau l'Algésiras, dont on aurait rasé la batterie haute. La cuirasse de 120 millimètres ne régnait qu'à la flottaison; elle était réduite à 110 millimètres sur l'œuvre morte, qu'elle recouvrait sur toute son étendue. La vitesse aux essais atteignait 12nœuds,31.

Presque en même temps que la Gloire, on mettait en chantier la Couronne, frégate en fer tracée par M. l'ingénieur de la marine Audenet, d'un déplacement un peu plus élevé, 6330 tonneaux, et dont l'artillerie a été en dernier lieu fixée à 8 canons de 24 centimètres dans la batterie, et 2 canons de 19 centimètres sur les gaillards. La cuirasse était de 100 millimètres à la flottaison et 80 millimètres à la batterie. Le matelas était consolidé par des membrures en fer, dont la disposition a été indiquée précédemment (3).

(1) Dévastation, Tonnante, Lave, Foudroyante, Congrève.
(2) Gloire, Normandie, Invincible.
(3) Voir page 242.



Flandre (*pl.* 326, *fig.* 1610-1611 ; *pl.* 336, *fig.* 1699). — Dès 1861, M. Dupuy de Lôme créait un type un peu différent; la Flandre (1) eut un déplacement une peu plus considérable que la Gloire, ce qui permit d'augmenter l'épaisseur de la cuirasse et la hauteur de batterie, qui n'était que de 1^m,81 sur la Gloire, et que l'on porta à 2 mètres environ.

Les principales données du type Flandre sont :

Longueur	81^m,60
Déplacement	5816 tonneaux.
Artillerie	4 canons de 24^{cm} (mod. 1870) et 6 de 19^{cm} dans la batterie; 4 canons de 19^{cm} (mod. 1870) sur les gaillards.
Cuirasse	110 millimètres au-dessus de la flottaison; 150 millimètres à la flottaison.

Ces frégates, au nombre de dix, atteignaient une vitesse plus forte que celle de la Gloire, 13 à 14 nœuds. Le déplacement était peu supérieur; l'armement restait le même; la diminution du poids de l'appareil moteur, jointe à une réduction de 30 centimètres sur la hauteur de la cuirasse au-dessous de la flottaison, avait permis l'augmentation de l'épaisseur du blindage.

Magenta, Solferino (*pl.* 326, *fig.* 1612). — En même temps que l'on construisait la Gloire, on avait mis en chantier deux bâtiments à deux étages de feux, le Magenta et le Solferino. L'épaisseur de la cuirasse et la vitesse (Magenta : 12^{nœuds},89) étaient sensiblement les mêmes que pour la Gloire; la cuirasse ne régnait sur toute la hauteur de l'œuvre morte que dans la région centrale, dans laquelle on concentra l'artillerie, qui devait, au début, se composer de 48 canons de 16 centimètres; des modifications diverses ont amené sa transformation en 10 canons de 24 centimètres dans la batterie haute, 4 canons de 19 centimètres sur les gaillards, la batterie basse étant complètement désarmée.

Les extrémités de ces navires au-dessus de la ceinture cuirassée, construites en bois comme le reste de la coque, étaient très exposées aux ravages de l'incendie; l'étrave portait un éperon, dont la pointe se trouvait en saillie de 2 mètres sur la perpendiculaire, et à 2 mètres de profondeur sous l'eau (2).

Océan (*pl.* 326, *fig.* 1613; *pl.* 336, *fig.* 1700). — Les types qui précèdent ont composé la première flotte cuirassée, flotte homogène, d'une vitesse satisfaisante, mais dont le blindage ne tarda pas à devenir insuffisant.

Le groupe suivant, Océan, Marengo, Suffren, mis en chantier en 1865 et 1866, est caractérisé par l'augmentation du cuirassement, porté à 200 millimètres à la flottaison et 160 millimètres au réduit, pour pouvoir résister au canon de 24 centimètres. La cuirasse fait le tour de la flottaison, en descendant à plus de 2 mètres au-dessous de l'eau; elle se relève au milieu pour former un réduit, terminé par deux traverses cuirassées. En dehors de ce réduit, toute l'œuvre morte est construite en fer, beaucoup moins exposée par suite à l'incendie, que sur Magenta.

La vitesse est portée à 14 nœuds; la distance franchissable, qui atteignait 3700 milles à 10 nœuds sur quelques-unes des frégates du type Flandre, est réduite à 3360 milles. L'éperon, dont

(1) Flandre, Gauloise, Guyenne, Magnanime, Provence, Revanche, Savoie, Surveillante, Valeureuse, Héroïne.

(2) **Rochambeau.** — Nous mentionnerons, quoique n'appartenant pas à la série de constructions dont nous indiquons le développement, le Rochambeau (ex-Dunderberg), acheté en Amérique en 1867, navire à réduit, à murailles inclinées, de formes toutes spéciales, et qui n'a fait qu'une courte apparition dans notre flotte. Le Rochambeau déplaçait près de 7800 tonneaux; il était blindé à 120 millimètres à la flottaison, 90 millimètres au réduit, portait 4 canons de 27 centimètres, 11 canons de 24 centimètres, et atteignait une vitesse maxima de 15^n,07.

la pointe est à 2m,70 en avant de la perpendiculaire, et 2m,40 au-dessous de la flottaison, est une forte pièce en bronze de 20000 kilogrammes.

Le trait principal de ces navires est la disposition de l'artillerie; dans ceux qui précèdent, le tir en retraite et le tir en chasse ne sont le plus souvent assurés que par deux pièces des gaillards non abritées; sur l'Océan, quatre tourelles cuirassées, placées à l'aplomb des angles du réduit, renferment quatre canons de 24 centimètres pouvant tirer, deux en chasse, deux en retraite, et battant presque la moitié de l'horizon. Le réduit contient quatre canons de 27 centimètres tirant aux sabords.

Le déplacement est sensiblement augmenté : il passe de 5900 tonneaux (moyenne du type Flandre à l'armement), et 7130 tonneaux (Solferino à l'armement), à 7750 tonneaux sur le Marengo et l'Océan.

Pour ces navires, comme pour la plupart de ceux de notre flotte dont il sera ultérieurement question, nous avons construit des diagrammes polaires, qui rendent comparables les déplacements totaux et les principales subdivisions de chacun d'eux (*pl.* 336-337). Les cercles ont des surfaces proportionnelles aux déplacements; nous les avons subdivisés par des droites rayonnantes en secteurs proportionnels aux quantités suivantes :

a coque;
b cuirasse (puissance défensive);
c appareil moteur (vitesse);
d combustible (rayon d'action);
e mâture, ancres, câbles-chaînes, approvisionnements divers, embarcations;
f artillerie (puissance offensive);
g vivres, eau, équipage;
h chargement (pour les transports).

En passant de la Flandre au Marengo, le poids de coque est légèrement accru, les portions affectées à l'artillerie, la mâture, les vivres et l'équipage restent à peu près les mêmes; la part de la cuirasse est notablement augmentée. La vitesse et la distance franchissable restent à peu près constantes, malgré la réduction de poids de l'appareil moteur et du combustible.

Friedland (*pl.* 326, *fig.* 1614). — Le Friedland, qui appartient au même type, est construit en fer, et a un déplacement un peu plus élevé, 8824 tonneaux; l'artillerie du réduit se compose de six canons de 27 centimètres; mais on place sur les gaillards deux canons de 27 centimètres dans des demi-tourelles non cuirassées, et huit canons de 14 centimètres.

Richelieu (*pl.* 326, *fig.* 1615; *pl.* 336, *fig.* 1701). — Sur le Richelieu, mis en chantier en 1868, on a voulu faire sur un grand bâtiment l'essai des hélices jumelles. La cuirasse est portée à 220 millimètres à la flottaison; le réduit est notablement plus long que sur l'Océan, et renferme six canons de 27 centimètres; quatre canons de 24 centimètres sont placés dans des tourelles barbettes cuirassées à 160 millimètres; un canon de 24 centimètres est établi en chasse sous la teugue. Il existe en outre douze canons de 12 centimètres sur les gaillards. La distance franchissable est légèrement augmentée, et portée à 3700 milles.

L'augmentation du poids d'artillerie et de cuirasse a conduit à accroître de 1000 tonneaux environ le déplacement, et de 10 mètres la longueur du Marengo.

La vitesse a été malheureusement un peu inférieure à celle des navires précédents, et est tombée à 13 nœuds,227.

Colbert, Trident (*pl.* 326, *fig.* 1616). — Sur le Colbert et le Trident, on revint bientôt à l'hélice unique, qui semblait offrir moins d'inconvénients, pour un navire de combat à mâture complète, que les hélices jumelles. En même temps, on supprima les deux tourelles de l'arrière; on plaça deux canons de 27 centimètres dans les tourelles de l'avant, un canon de 24 centimètres en chasse sous la teugue, un second en retraite et six canons de 27 centimètres dans le réduit.

A l'exception de la Couronne, de l'Héroïne et du Friedland, tous les navires qui précèdent étaient construits en bois, au moins dans toutes les parties cuirassées. Ils avaient des mâtures encore assez développées, égales à 17 B^2 pour les derniers, et réduites aujourd'hui à des mâts goëlettes; enfin leur tirant d'eau était élevé, et variait de $8^m,50$ à $9^m,00$ à l'arrière.

Programme de 1871. — Dans la période de réorganisation qui a suivi la guerre de 1870, un nouveau courant d'opinions se fit jour. Au mode de construction suivi jusque-là, qui nous avait donné une flotte homogène et composée de types graduellement perfectionnés, qui enfin nous avait permis d'utiliser une partie considérable des approvisionnements de bois de nos ports, on faisait diverses objections, dont voici les principales.

Les constructions en bois étaient peu durables, et quelques cuirassés de la première période, construits il est vrai très hâtivement, étaient à peu près hors d'état de rendre des services. La construction en fer, adoptée en Angleterre pour tous les cuirassés, avec la garantie de la double coque, acquérait tous les jours de nouveaux partisans, qui voyaient dans son adoption la possibilité de réduire notablement le poids de coque, au grand bénéfice de la cuirasse et de l'armement.

Le tirant d'eau, variant à l'arrière de $8^m,50$ à 9 mètres, était trop fort; on lui attribuait le rôle effacé de la flotte française dans la guerre de 1870. La construction en fer permettait de supprimer la quille saillante, et de gagner facilement la hauteur de son tableau.

La protection contre les coups plongeants des parties vitales du navire, machines, chaudières, soutes à munitions, avait jusqu'alors été laissée complètement de côté. Le réduit protégeait bien les parties situées immédiatement au-dessous, contre un projectile venant du travers, mais non pas d'enfilade; d'ailleurs si l'on voulait avoir de la vitesse, l'appareil moteur ne pouvait être borné horizontalement aux dimensions du réduit. Aussi réclamait-on l'établissement d'un pont blindé à 40 ou 50 millimètres au moins.

Enfin on désirait développer le tir en chasse, pour lequel, sur les navires les plus puissamment armés, on ne pouvait réunir plus de trois grosses pièces. Telles furent les idées qui conduisirent à adopter les projets présentés par M. l'inspecteur général du génie maritime de Bussy, pour la construction du Redoutable d'abord, de la Dévastation ensuite.

Redoutable (*pl.* 326, *fig.* 1617 ; *pl.* 336, *fig.* 1702). — Si l'on examine le diagramme représentant la décomposition du déplacement du Redoutable, on remarque, avec une augmentation insignifiante du déplacement (Redoutable 8857 tonneaux, Richelieu 8767 tonneaux), une répartition tout autre.

La part de la coque est considérablement diminuée; il en est de même de l'artillerie, de la mâture et du combustible ; en revanche, la cuirasse et l'appareil moteur sont notablement augmentés. La diminution du poids de coque, que la construction métallique rendait vraisemblable, est encore accentuée par la substitution de l'acier au fer pour la presque totalité de la charpente; le bordé de l'œuvre vive seul est en fer.

La cuirasse a 350 millimètres à la flottaison; elle se relève au milieu pour former un réduit octogonal, analogue d'ailleurs aux réduits de certains navires anglais un peu antérieurs, montant jusqu'aux gaillards, blindé à 300 millimètres, percé de quatre sabords d'angle, armé de quatre ca-

nons de 27 centimètres, modèle 1875. Un retrait de la muraille en dehors du réduit permet aux deux pièces de l'avant de tirer complètement en chasse.

Sur les gaillards, quatre canons de 27 centimètres sont placés, deux dans des demi-tourelles latérales, un en chasse, un autre en retraite.

Le pont principal est recouvert d'un blindage de 60 millimètres. Le tirant d'eau arrière n'est plus que de 7^{m},80, inférieur d'un mètre à celui du Richelieu. La vitesse est de 14^{nœuds},67, et la distance franchissable réduite à 2840 milles.

Dévastation, Courbet (*pl.* 327, *fig.* 1618 ; *pl.* 336, *fig.* 1703). — La Dévastation dérive du Redoutable par une augmentation de 1200 tonneaux, destinée à accroître le blindage et l'artillerie ; le déplacement total est de 10090 tonneaux.

La cuirasse de la ceinture atteint 380 millimètres, celle du réduit 240 millimètres sur les flancs, 300 millimètres aux cloisons avant et arrière. Quatre sabords d'angle reçoivent des canons de 34 centimètres, pouvant tirer en pointe ou par le travers ; deux pièces de 27 centimètres sont placées en demi-tourelles sur le gaillard, deux autres sont placées l'une sous la teugue, l'autre à l'arrière ; on peut donc présenter en chasse et en retraite cinq pièces, dont deux de 34 centimètres.

L'installation des canons de 34 centimètres du réduit a conduit à porter la largeur du pont à 21^{m},26, en donnant à la muraille un porte-à-faux considérable ; on a voulu éviter l'inconvénient de la stabilité exagérée, qui résulterait de l'élargissement de la flottaison.

Le pont principal, situé au niveau du can supérieur du blindage, est recouvert de plaques de 60 millimètres, soutenues par un matelas de 140 millimètres et un plafond de 30 millimètres en acier ; à l'arrière, la cuirasse des flancs est arrêtée à une traverse cuirassée, et le pont blindé est abaissé au can inférieur de la ceinture.

La vitesse est de 15^{nœuds},17 ; la distance franchissable à 10 nœuds est portée à 3100 milles.

La distribution du déplacement ne diffère pas beaucoup de celle du Redoutable. La part de la coque et celle du blindage sont un peu plus faibles ; la machine à deux hélices est un peu plus lourde ; enfin l'artillerie entre pour une part notablement plus forte dans l'ensemble.

Navires à tourelles. — Les cuirassés à réduit central, en faveur en France jusqu'à cette époque, ne permettaient pas d'assurer aux pièces du calibre maximum des angles de tir et un commandement bien considérables ; le pointage par un sabord ne donne pas un champ de visée étendu, d'autant plus nécessaire aujourd'hui, que la vitesse avec laquelle les navires se croiseront à contre-bord dans un engagement, et le temps nécessaire au chargement des gros calibres ne permettront de tirer qu'un très petit nombre de coups. Le poids de blindage nécessité par un réduit est considérable ; par suite de l'augmentation d'épaisseur de la cuirasse, on est conduit à restreindre son étendue, qui devient par suite insuffisante pour l'artillerie à y loger, et on finit par trouver un avantage de poids à établir les canons dans des tourelles.

Ces considérations avaient depuis longtemps conduit à placer dans des tourelles barbettes les canons des gaillards ; les navires actuellement en construction ont toute leur artillerie disposée dans des tourelles, en barbette le plus souvent, quelquefois dans des tourelles tournantes et fermées.

Amiral-Duperré (*pl.* 327, *fig.* 1619 ; *pl.* 336, *fig.* 1704). — L'Amiral-Duperré, dû à M. le directeur des constructions navales Sabattier, est un bâtiment d'un type unique dans la marine française. Il est armé de quatre canons de 34 centimètres établis dans quatre tourelles barbettes placées, celles de l'avant symétriquement de chaque bord, celles de l'arrière dans l'axe. On peut



donc présenter deux canons en chasse, trois par le travers et en retraite. La batterie contient en outre douze canons de 14 centimètres.

La cuirasse, épaisse au milieu de 550 millimètres, règne sur la flottaison ; les tourelles portent un blindage de 300 millimètres. Le pont est blindé à 60 millimètres, l'entourage de la cheminée et les passages à 100 millimètres.

Le déplacement est supérieur de 1000 tonneaux environ à celui de la Dévastation. Le poids de coque est un peu plus élevé ; les parts faites à la cuirasse et à l'artillerie sont un peu plus faibles. La distance franchissable est un peu réduite, 2850 milles; la vitesse est de 14^{nœuds},32.

Hoche (1) (*pl.* 327, *fig.* 1620-21 ; *pl.* 336, *fig.* 1705). — Les bâtiments de ce type, construits sur les plans de M. l'ingénieur de la marine Huin, sont d'un déplacement un peu inférieur à celui de l'Amiral-Duperré ; l'un d'entre eux, le Hoche portera deux canons de 34 centimètres en tourelles fermées dans l'axe, vers les extrémités, et deux canons de 27 centimètres en tourelles barbettes en porte-à-faux vers le milieu du navire ; les cinq autres seront armés de quatre canons de 34 centimètres disposées de même ; ils pourront donc présenter trois grosses pièces dans chaque direction. Des canons de 14 centimètres, dont le nombre variera de dix-sept à vingt, compléteront l'armement. La cuirasse a 450 millimètres à la flottaison, 350 millimètres aux tourelles, 80 millimètres au pont. La vitesse prévue est de 16^{nœuds},20.

Formidable, Amiral-Baudin (*pl.* 327, *fig.* 1622 ; *pl.* 336, *fig.* 1706). — Le Formidable et l'Amiral-Baudin, actuellement en achèvement sur les plans de M. le directeur des constructions navales Godron, ont le déplacement maximum atteint par les cuirassés français; il s'élève à 11380 tonneaux. Malgré ce déplacement considérable, le tirant d'eau prévu n'est que de 7^{m}, 96 à l'arrière.

La cuirasse, épaisse de 550 millimètres au milieu par le travers de la machine, règne sur toute la longueur de la flottaison ; les tourelles, au nombre de trois, placées dans l'axe, sont cuirassées à 400 millimètres, les passages de munitions à 400 millimètres, le pont à 80 millimètres, et 100 millimètres au-dessus des machines et chaudières. L'artillerie devait à l'origine se composer de trois canons de 100 tonnes et de douze pièces de 14 centimètres ; l'adoption de canons à grande longueur d'âme, utilisant mieux la poudre, a permis d'augmenter les vitesses initiales, et d'adopter des canons de 37 centimètres (75 tonneaux).

La vitesse prévue, avec tirage forcé, est de 15 nœuds; la puissance indiquée, de 8500 chevaux ; la distance franchissable est d'un peu plus de 3000 milles à 10 nœuds.

Résumé. — Si l'on considère le chemin parcouru depuis les premiers cuirassés jusqu'à l'Amiral-Baudin, on voit qu'on peut résumer de la manière suivante les principales transformations opérées.

Le déplacement total est presque doublé ; il passe de 5800 à 11400 tonneaux.

La coque en bois est remplacée par une coque en acier ; elle passe de 44 0/0 à 35 0/0 du déplacement.

La cuirasse, de 150 millimètres d'épaisseur, passe à 550 millimètres ; de 16 0/0 à 35 0/0.

L'artillerie, placée d'abord tout entière à des sabords, passe peu à peu dans des tourelles, et le réduit cuirassé est complètement supprimé. Les calibres croissent de 24 centimètres à 37 centimètres.

(1) Magenta, Neptune, Marceau, Brennus, Charles-Martel.

En même temps, le nombre d'hommes d'équipage ne s'accroît que peu; il est de 582 sur la Flandre, 750 sur le Marengo, 500 seulement en prévision sur l'Amiral-Baudin.

La vitesse maxima est portée de 13 à 16 nœuds; grâce à l'adoption de machines plus légères et à l'emploi du tirage forcé, ce résultat est obtenu en réduisant la part du déplacement affectée à la propulsion, qui de 14 0/0 sur la Flandre, descend à 11 0/0 sur l'Amiral-Baudin.

La distance franchissable à 10 nœuds est un peu diminuée; de 3200 milles sur la Flandre, elle tombe à 3080 sur l'Amiral-Baudin, c'est-à-dire un peu au-dessous de la distance du Havre à New-York.

Nous résumons dans le tableau ci-après la répartition du déplacement.

NOMS DES NAVIRES.		COQUE.	CUIRASSE	APPAREIL moteur.	COMBUSTIBLE.	MATURE, embarcations, approvisionnements.	ÉQUIPAGE, vivres, eau.	ARTILLERIE.	TOTAL.
Flandre (*pl.* 336, *fig.* 1699) . .	Tonneaux. .	2524	946	804	575	314	229	424	5816
	Pour 100 . .	44	16	14	10	5	4	7	
Marengo (*pl.* 336, *fig.* 1700) . .	Tonneaux. .	3662	1380	895	618	393	280	520	7748
	Pour 100 . .	46	18	12	8	5	4	7	
Richelieu (*pl.* 336, *fig.* 1701). .	Tonneaux. .	4103	1697	903	659	397	271	737	8767
	Pour 100 . .	47	19	10	8	5	3	8	
Redoutable (*pl.* 336, *fig.* 1702).	Tonneaux. .	3459	2502	1138	530	352	223	653	8857
	Pour 100 . .	39	28	13	6	4	3	7	
Dévastation (*pl.* 336, *fig.* 1703).	Tonneaux. .	3842	2728	1365	574	366	229	986	10090
	Pour 100 . .	38	27	13	6	4	2	10	
Amiral-Duperré (*pl.* 336, *fig.* 1704)	Tonneaux. .	4465	2899	1575	693	318	258	877	11085
	Pour 100 . .	40	26	14	6	3	3	8	
Marceau (*pl.* 336, *fig.* 1705) . .	Tonneaux. .	3999	3370	1310	600	362	159	844	10644
	Pour 100 . .	38	32	12	6	3	1	8	
Amiral-Baudin (*pl.* 336, *fig.* 1706)	Tonneaux. .	3960	3942	1290	800	258	150	980	11380
	Pour 100 . .	35	35	11	7	2	1	9	

Garde-côtes cuirassés. — Les garde-côtes sont des navires destinés à l'attaque ou à la défense des côtes au moyen de l'artillerie; les premiers navires de cette espèce, que l'on puisse citer, sont les batteries flottantes de Kinburn, type Dévastation, forteresses mobiles qui se déplaçaient avec une vitesse de 4 nœuds, blindées à 110 millimètres, portant dans leur batterie seize canons de 50 à âme lisse. Leur faible puissance défensive était suffisante pour résister avec succès à l'artillerie de cette époque. Leur déplacement n'était que de 1650 tonneaux, dans lesquels l'artillerie entrait pour près de 9 0/0.

Palestro (1). — Pendant la construction de la Gloire et des premières frégates cuirassées, M. Dupuy de Lôme arrêtait les plans d'un nouveau type, le type Palestro, doué d'une vitesse de 7 nœuds,5, armé de douze canons de 30, d'un déplacement de 1563 tonneaux.

Arrogante (*pl.* 327, *fig.* 1623). — Un peu plus tard, on construisait sur les plans de M. l'ingénieur de la marine Lemoine le type Arrogante (2); la coque en fer était cuirassée à la flot-

(1) Palestro, Paixhans, Peï-ho, Saïgon.
(2) Arrogante, Opiniâtre, Implacable.



taison; un réduit dépassait la ceinture sur la plus grande partie de la longueur du navire, dont les extrémités étaient rasées, et remplacées par des pavois en tôle. Le déplacement était de 1360 tonneaux; le blindage était de 120 millimètres à la flottaison, 110 millimètres à la batterie, et l'armement se composait de dix canons de 16 centimètres. La vitesse n'atteignait que 6 à 7 nœuds.

Embuscade (*pl.* 327, *fig.* 1624). — Peu après on créait le type Embuscade (1) de M. Lemoine, d'un déplacement de 1445 tonneaux; la cuirasse était portée à 140 millimètres à la flottaison; l'artillerie se composait de dix pièces de 16 centimètres, dont quatre du modèle 1864. L'artillerie de ces navires a d'ailleurs été fréquemment modifiée.

Les quatre types que nous venons d'indiquer forment une famille caractérisée par un faible déplacement, une vitesse atteignant au maximum 8 nœuds; les formes sont très pleines; le rapport de la longueur à la largeur, de 3,98 sur la Dévastation, descend à 2,53 sur l'Embuscade; le tirant d'eau arrière atteint, sur cette dernière, $3^{m},27$.

Taureau (*pl.* 327, *fig.* 1625; *pl.* 336, *fig.* 1707). — La faible vitesse des navires précédents ne leur permettait guère qu'un rôle purement défensif; leur blindage était devenu insuffisant vis-à-vis de l'artillerie rayée; enfin, une arme nouvelle, l'éperon, rendait la vitesse indispensable aussi bien à ceux qui voulaient l'employer, qu'à ceux qui voulaient en éviter le choc.

Le Taureau, construit sur les plans de M. Dupuy de Lôme, est le point de départ de garde-côtes offensifs, doués d'une vitesse à peu près égale à celle des bâtiments d'escadre de la même époque, fortement blindés, armés d'une artillerie de plus en plus puissante.

Le Taureau déplaçait 2718 tonneaux; il était blindé sur toute sa ceinture à 150 millimètres. Le pont était défendu contre les coups plongeants par un blindage de 50 millimètres; une tourelle fixe, couverte de plaques de 120 millimètres, renfermait un seul canon de 24 centimètres. Une superstructure en tôle, à formes arrondies, le défendait contre les lames, fournissait des logements, et en faisait un navire de mer, doué de qualités nautiques bien supérieures à celles des batteries flottantes qui l'avaient précédé. La vitesse de $12^{nœuds},58$, et une distance franchissable de 1260 milles le rendaient propre à l'attaque des côtes aussi bien qu'à leur défense. Le tirant d'eau arrière n'était que de $5^{m},41$.

Bélier (*pl.* 327, *fig.* 1626; *pl.* 336, *fig.* 1708). — Bientôt on trouva à la fois insuffisants et l'artillerie et le blindage du Taureau. Sur le Bélier, le Cerbère, le Bouledogue et le Tigre (1865-1870) le blindage fut porté à 220 millimètres à la flottaison, 180 millimètres sur la tourelle, qui, fermée et devenue mobile, donna un champ de tir embrassant presque tout l'horizon à deux canons de 24 centimètres (modèle 1870). Pour obtenir ces perfectionnements, on dut supprimer le blindage du pont, et se contenter d'un simple bordé de 15 millimètres; le déplacement dut être augmenté de près de 900 tonneaux, et porté de 2718 à 3590 tonneaux.

La vitesse fut de $12^{nœuds},37$, la distance franchissable de 1800 milles. Pour faciliter les évolutions et surtout l'emploi de l'éperon, le Taureau et les navires du type Bélier reçurent deux machines à hélice indépendantes. En même temps, on avait supprimé totalement la voilure, suppression qui, jointe aux formes arrondies de la superstructure en tôle, qui surmonte les œuvres mortes en bois, donne à ces navires un aspect tout à fait particulier.

Onondaga (*pl.* 327, *fig.* 1627). — Nous citerons encore comme appartenant à la même période le monitor l'Onondaga, construit en 1863, et acheté en mai 1867 en Amérique. L'Onondaga

(1) Embuscade, Imprenable, Protectrice, Refuge.

est construit en fer, et déplace 2592 tonneaux; il est blindé à 140 millimètres à la flottaison; il a deux tourelles placées sur son pont, qui ne dépasse la flottaison que de 36 centimètres; chacune d'elles renferme deux canons de 24 centimètres (modèle 1864), et est blindée à 300 millimètres par 10 épaisseurs de tôles superposées.

L'Onondaga n'a qu'une vitesse de 7[nœuds],07, et une distance franchissable de 720 milles.

Tonnerre, Tempête (*pl.* 328, *fig.* 1628-29; *pl.* 336, *fig.* 1709-10). — En 1872, on mit en chantier de nouveaux garde-côtes, dont les plans avaient été dressés par M. de Bussy; ils appartiennent à deux types, le Tonnerre et le Fulminant, garde-côtes de 1[re] classe, la Tempête, garde-côtes de 2[e] classe. Comme leurs contemporains le Redoutable et la Dévastation, ils sont construits en acier et en fer, et sont à double coque.

Leurs formes diffèrent notablement de celles des garde-côtes précédents; l'arrière est traînant et large à la flottaison, très évidé par dessous, de manière à former deux voûtes, et à assurer un afflux d'eau suffisant au propulseur; la finesse est principalement obtenue par les sections verticales.

Les dimensions en longueur et en largeur sont à peu près les mêmes sur les deux types; le tirant d'eau moyen est de 6[m],42 et le déplacement de 5589 tonneaux pour le Tonnerre, 5[m],41 et 4869 tonneaux pour la Tempête; la différence de déplacement est employée à porter la vitesse de 11[nœuds],68 sur la Tempête, à 14 nœuds sur le Tonnerre.

La disposition du cuirassement et de l'artillerie rappelle celle du cuirassé anglais le Glatton. Une ceinture cuirassée à 330 millimètres s'élève jusqu'à 90 centimètres au-dessus de la flottaison; le pont principal, qui aboutit à son can supérieur, est blindé à 50 millimètres. Sur ce pont s'élève un parapet de forme allongée, de 39[m],40 de long, en retrait sur la muraille; ce parapet abrite à son extrémité avant la base d'une tourelle tournante, blindée à 300 millimètres, et 350 aux sabords, qui renferme deux canons de 27 centimètres (modèle 1875). Au-dessus du parapet blindé s'élève un pont de manœuvre, soutenu par une superstructure en tôle, qui renferme les panneaux d'aérage.

On a cherché à donner à ces navires une grande puissance d'évolution; mais en revanche la mise rapide de toute la barre produit une inclinaison assez forte pour que l'on ait jugé nécessaire d'accroître leurs œuvres mortes, en continuant, par une superstructure en tôle, les formes extérieures jusqu'au niveau du parapet blindé.

Furieux (*pl.* 328, *fig.* 1630). — Le Furieux, dont le déplacement est voisin de celui du Tonnerre, en diffère par une augmentation de la cuirasse, portée à 500 millimètres sur les flancs; le parapet est supprimé, le pont blindé a 90 millimètres sur toute son étendue, et deux tourelles barbettes, blindées à 450 millimètres, reçoivent deux canons de 42 centimètres.

Tonnant (*pl.* 328, *fig.* 1631). — Le Tonnant dérive de la Tempête de la même manière; la protection latérale est portée à 450 millimètres; celle du pont à 80 millimètres; deux canons de 34 centimètres sont placés en barbette dans deux tourelles blindées à 340 millimètres.

Indomptable (1) (*pl.* 328, *fig.* 1632; *pl.* 336, *fig.* 1711). — Sur les navires de ce type, dus à M. le directeur des constructions navales Sabattier (1877), un pas considérable est fait dans la voie de l'agrandissement, nécessité par l'adoption de canons de 42 centimètres. La longueur est

(1) Indomptable, Terrible, Caïman, Requin.



augmentée de 10 mètres; le déplacement porté à 7200 tonneaux environ, le tirant d'eau à 7^{m},50 à l'arrière. Aussi ces navires sont-ils aujourd'hui classés parmi les cuirassés d'escadre.

Le blindage reste le même que sur le Furieux, 500 millimètres à la flottaison, 80 millimètres au pont, 450 millimètres aux tourelles; l'artillerie, composée de deux canons de 42 centimètres, est placée, comme sur ce navire, dans deux tourelles barbettes.

Deux machines indépendantes doivent développer 4800 chevaux, ce qui permet d'obtenir une vitesse de $14^{\text{nœuds}}$, 5.

Nous résumons ci-dessous la répartition du déplacement sur les principaux types de garde-côtes.

NOMS DES NAVIRES.		COQUE.	CUIRASSE.	APPAREIL moteur.	COMBUSTIBLE.	MATURE, embarcations, approvisionnements.	ÉQUIPAGE, vivres, eau.	ARTILLERIE.	TOTAL.
Taureau (*pl.* 336, *fig.* 1707)	Tonneaux	1253	691	433	171	81	47	42	2718
	Pour 100	46	25	16	6	3	2	2	
Bélier (*pl.* 336, *fig.* 1708)	Tonneaux	1868	755	543	187	97	52	88	3590
	Pour 100	52	21	16	5	3	1	2	
Tempête (*pl.* 336, *fig.* 1710)	Tonneaux	1932	1900	415	165	119	54	284	4869
	Pour 100	40	39	9	3	2	1	6	
Tonnerre (*pl.* 336, *fig.* 1709)	Tonneaux	2065	2036	855	291	131	50	161	5589
	Pour 100	37	36	15	5	3	1	3	
Indomptable (*pl.* 336, *fig.* 1711)	Tonneaux	2463	2655	1010	400	104	95	441	7168
	Pour 100	34	38	14	6	1	1	6	

Cuirassés de croisière ou de station. — Les navires cuirassés que nous venons de passer en revue ne sont pas destinés à des guerres lointaines; leur mâture est faible, ou dans les derniers types absolument nulle. Leurs dimensions considérables, leur prix élevé en font des unités de combat trop considérables pour les luttes d'ordre secondaire, qu'on a à soutenir hors des mers d'Europe, contre des peuples souvent moins bien armés que nous sur mer. Un blindage moins épais est nécessaire, et d'ailleurs il serait impossible d'en faire porter un de forte épaisseur à un navire de déplacement réduit.

Belliqueuse (*pl.* 328, *fig.* 1633; *pl.* 336-1712). — Telle est la raison d'être des cuirassés de station ou de croisière, dont le premier essai a été la Belliqueuse, mise en chantier en 1863 sur les plans de M. Dupuy de Lôme. Au point de vue du blindage, la disposition adoptée a été celle du Magenta et du Solferino, ceinture cuirassée à 150 millimètres, réduit cuirassé à 120 millimètres. En dehors du réduit, les œuvres mortes sont en bois. L'artillerie se compose de quatre canons de 16 centimètres et quatre de 19 centimètres, tirant par le travers aux sabords du réduit; sur les gaillards on trouve deux canons de 16 centimètres. L'étrave porte un éperon en bronze.

Le déplacement de la Belliqueuse est de 3775 tonneaux; sa longueur de 70^{m},35, le tirant d'eau arrière est de 6^{m},88, la vitesse d'essai de $10^{\text{nœuds}}$,88, la distance franchissable 2810 milles.

Alma (*pl.* 328, *fig.* 1634; *pl.* 336, *fig.* 1713). — Les résultats obtenus sur la Belliqueuse encouragèrent à mettre en chantier simultanément, en 1865, huit corvettes cuirassées d'un type un

peu différent, le type Alma (1), caractérisé par une artillerie plus puissante et mieux disposée, et une vitesse plus grande.

Les dimensions principales restent à peu près les mêmes, ainsi que le déplacement. Le poids de la coque est un peu diminué; la ceinture reste blindée à 150 millimètres; le réduit, cuirassé à 150 millimètres, contient quatre canons de 19 centimètres; deux autres canons de 19 centimètres sont placés sur les gaillards dans des tourelles barbettes cuirassées à 100 millimètres, et peuvent tirer en chasse, en retraite et en belle. L'approvisionnement de combustible est réduit de 70 tonneaux environ; la distance franchissable n'est plus que de 2500 à 2600 milles. En revanche la vitesse est augmentée, et varie de 12 nœuds à 12^nœuds^, 34.

Le mode de construction est celui du type Océan; toute l'œuvre morte et le réduit ont une charpente en bois; les hauts en dehors du réduit sont en fer.

La Galissonnière (*pl.* 328, *fig.* 1635; *pl.* 336, *fig.* 1714). — Sur le La Galissonnière, mis en chantier en 1868, la longueur est augmentée de 8 mètres, le déplacement de 1000 tonneaux environ (4654 tonneaux); grâce à cette augmentation, l'artillerie et la vitesse sont considérablement accrues.

La disposition générale reste la même, ainsi que le blindage de la flottaison; le réduit n'est plus cuirassé qu'à 120 millimètres comme les tourelles; l'artillerie se compose de quatre canons de 24 centimètres dans le réduit, deux dans les tourelles.

Quoique le poids de la machine ne reçoive qu'une faible augmentation, 44 tonneaux, la puissance indiquée passe de 1800 à 2200 chevaux, et la vitesse atteint 12^nœuds^, 69; l'appareil moteur se compose de deux machines actionnant deux hélices. L'approvisionnement de charbon est augmenté de plus de 100 tonneaux, et la distance franchissable portée à 3240 milles.

Triomphante, Victorieuse (*pl.* 328, *fig.* 1636). — Ces deux cuirassés, mis en chantier en 1869 sur les plans de M. Sabattier, ont à peu près les mêmes dimensions principales et le même déplacement que le La Galissonnière. Le cuirassement et les dispositions de l'artillerie ne sont pas changés; seulement aux canons de 24 centimètres, modèle 1864, on substitue le même calibre, modèle 1870.

Sur ces deux navires, on revient à l'hélice unique, actionnée par une machine développant une puissance indiquée de 2360 chevaux, donnant une vitesse de 12^nœuds^, 89. L'approvisionnement de charbon, légèrement réduit, fait tomber la distance franchissable à 3100 milles.

Bayard, Duguesclin (*pl.* 328, *fig.* 1637; *pl.* 336, *fig.* 1715). — Un dernier type, mis en chantier en 1876 sur les plans de MM. les directeurs des constructions navales Sabattier et Lebelin de Dionne, comprend quatre navires, dont deux sont construits en fer, le Duguesclin et le Vauban, deux autres en bois avec hauts en fer, le Bayard et le Turenne. Ces navires déplacent 1200 tonneaux environ de plus que le La Galissonnière (5900 tonneaux); leur longueur n'est que de 3 mètres plus grande.

Le blindage n'est conservé qu'à la flottaison, et atteint une épaisseur maxima de 250 millimètres; au-dessus se trouve un entrepont non blindé renfermant six canons de 14 centimètres. Sur les gaillards quatre tourelles, deux dans l'axe et deux autres en encorbellement sur l'avant des cheminées, blindées à 200 millimètres, renferment quatre canons de 24 centimètres. Un canon de 19 centimètres est placé en chasse sous la teugue.

Le poids de coque est notablement réduit, ce qui a permis d'augmenter de près de moitié

(1) Alma, Armide, Atalante, Jeanne d'Arc, Montcalm, Reine-Blanche, Thétis.

celui du blindage, d'en consacrer plus de 400 tonneaux à recouvrir le pont principal d'une cuirasse de 50 millimètres, et de protéger par des tubes cuirassés à 100 millimètres les passages des munitions.

Sur ces quatre navires, on est revenu à la double hélice, afin d'obtenir une vitesse de 14 nœuds,5, sans dépasser un tirant d'eau arrière de $8^{m},00$. La distance franchissable est de 3300 milles.

Le tableau suivant indique la répartition des principales portions du déplacement. On remarquera l'accroissement du déplacement des cuirassés de station, qui arrive actuellement à dépasser celui des premières frégates cuirassées.

NOMS DES NAVIRES.		COQUE.	CUIRASSE.	APPAREIL moteur.	COMBUSTIBLE.	MATURE, embarcations, approvisionnements.	ÉQUIPAGE, vivres, eau.	ARTILLERIE.	TOTAL.
Belliqueuse (*pl.* 336, *fig.* 1712).	Tonneaux. .	1869	644	369	318	230	164	181	3775
	Pour 100 . .	50	17	10	8	6	4	5	
Thétis (*pl.* 336, *fig.* 1713) . . .	Tonneaux. .	1737	673	400	243	230	142	199	3624
	Pour 100 . .	48	19	11	7	6	4	5	
La Galissonnière (*pl.* 336, *fig.* 1714)	Tonneaux. .	2233	814	444	355	328	157	323	4654
	Pour 100 . .	48	18	9	8	7	3	7	
Duguesclin (*pl.* 336, *fig.* 1715).	Tonneaux. .	2600	1460	650	400	302	162	320	5894
	Pour 100 . .	44	25	11	7	5	3	5	
Bayard.	Tonneaux. .	2473	1428	724	418	313	196	434	5986
	Pour 100 . .	41	24	13		5	3	7	

CHAPITRE LVII.

FLOTTES CUIRASSÉES ÉTRANGÈRES.

Flottes cuirassées étrangères. — La création des flottes cuirassées étrangères a suivi une marche parallèle à celle de la flotte française, tantôt influencée par elle, tantôt la modifiant à son tour.

Dès 1854, l'Amirauté anglaise, après de longues hésitations, s'était décidée à faire construire trois batteries flottantes semblables aux batteries françaises du type Dévastation. Elles arrivèrent en Crimée trop tard pour rendre des services, et ne prirent aucune part au combat de Kinburn, où la Tonnante reçut 65 boulets de 24, sans autres dommages que des empreintes de 30 millimètres environ sur son blindage.

Après la mise en chantier des premières frégates cuirassées, l'Angleterre, malgré sa répulsion pour les nouvelles constructions, qui semblaient porter atteinte à sa prédominance sur les mers, dut se résigner à la mise en chantier du Warrior, commencé en 1859, à peu près au moment où la Gloire était mise à l'eau.

Cuirassés à réduit. Warrior (*pl.* 329, *fig.* 1638). — Le Warrior est protégé par une cuirasse de 114 millimètres, montant jusqu'au gaillard, et ne régnant que sur 66 mètres de long; la longueur étant de 117 mètres, les extrémités sont sans aucune protection, et le gouvernail en particulier est très exposé. La grande longueur de ce navire, supérieure de 40 mètres à celle de la Gloire, a permis de lui donner une vitesse supérieure de 2 nœuds, mais le rend tout à fait impropre aux évolutions rapides, nécessaires pour le combat à l'éperon, dont on se préoccupait dès cette époque ; son déplacement de 9360 tonneaux en fait un navire très coûteux et peu maniable; il est construit en fer. Le Warrior fut suivi de près par le Black-Prince, construit sur le même plan, la Defence et la Resistance (*pl.* 329, *fig.* 1639), sur un plan analogue, mais plus courts de 30 mètres.

Stimulée par la construction des frégates cuirassées françaises, l'Amirauté produisit presque immédiatement de nombreux cuirassés.

L'Achilles (*pl.* 329, *fig.* 1640) fut construit avec une cuirasse de même épaisseur que celle du Warrior, couvrant toute l'œuvre morte sur 60 mètres de longueur, et prolongée jusqu'aux extrémités à la flottaison ; sa longueur était encore de 117 mètres ; l'étrave prit pour la première fois la forme à éperon.

L'Hector et le Valiant furent cuirassés sur toute l'œuvre morte, et au-dessous de la flottaison dans la partie centrale seulement; cette disposition irrationnelle n'a pas été reproduite.

Plusieurs vaisseaux en bois, Caledonia, Royal Oak, Ocean, Prince Consort, Royal Alfred, Lord Warden, Repulse, furent transformés en cuirassés.



Enfin on mit en chantier trois grands navires en fer, le Minotaur (*pl.* 329, *fig.* 1641), l'Agincourt et le Northumberland ; la cuirasse était portée à 140 millimètres. La longueur du Minotaur était supérieure à celle du Warrior, et atteignait 122 mètres ; son déplacement, à peine dépassé aujourd'hui par celui de l'Inflexible, arrivait à 10860 tonneaux. L'artillerie, très puissante, se compose de dix-sept canons de $0^{m},23$ sur les deux premiers, de sept canons de $0^{m},23$ et vingt de $0^{m},203$ sur le Northumberland.

Le Northumberland n'est cuirassé sur toute la longueur qu'à la flottaison ; la cuirasse s'élève jusqu'au gaillard, sur 30 mètres environ de la longueur, et forme un réduit fermé par des cloisons transversales blindées.

La vitesse d'essai de ces navires a dépassé 14 nœuds.

Bellerophon (*pl.* 329, *fig.* 1642). — Une réaction ne tarda pas à se produire contre les longueurs exagérées et les déplacements gigantesques de ces derniers navires. Sous l'influence de Sir Edward Reed, nommé en 1863 chief constructor, on revint sur le Bellerophon à des proportions plus modérées. Le déplacement est réduit à 7670 tonneaux, la longueur à $91^{m},44$; la cuirasse, épaissie, atteint 152 millimètres ; un réduit central renferme dix canons de $0^{m},203$. A l'avant, la cuirasse se relève jusqu'au pont supérieur, et abrite deux canons de $0^{m},152$, pouvant tirer en chasse et par le travers ; deux canons du même calibre sont placés à l'arrière. La vitesse a atteint $14^{\text{nœuds}},20$.

La construction du Bellerophon différait complètement de celle des navires précédents ; la coque était garnie d'un vaigrage continu formant double fond, dont nous avons indiqué la disposition plus haut.

Enterprise, Pallas, Penelope (*pl.* 329, *fig.* 1643-1644). — Sur des navires plus petits, Sir Edward Reed développait le tir en chasse, en perçant dans les cloisons transversales du réduit des sabords d'angle, qui permettaient de tirer à 20° de l'axe, en chasse et en retraite, avec des canons entièrement protégés.

Hercules (*pl.* 329, *fig.* 1645). — L'Hercules marque un nouveau pas dans la réduction de la longueur ; quoique son déplacement (8820 tonneaux) soit de 1150 tonneaux plus fort que celui du Bellerophon, sa longueur n'est que de 99 mètres.

L'armement se compose d'une batterie blindée recevant huit canons de $0^{m},254$; quatre pans coupés pratiqués aux angles, percés de sabords, permettent le tir en chasse du canon le plus voisin, qui, grâce à une plate-forme tournante, peut également tirer par le travers ; les œuvres mortes ont de la rentrée, afin de permettre le tir jusqu'à 15° de l'axe. Sur les gaillards on trouve deux canons de $0^{m},23$ en chasse et en retraite, et quatre canons de $0^{m},178$.

La flottaison est recouverte sur toute sa longueur d'une cuirasse épaisse de 229 millimètres au couple milieu. Le réduit est cuirassé à une épaisseur variant de 203 millimètres à 252 millimètres ; les faces avant et arrière sont cuirassées à 126 millimètres.

König Wilhelm (*pl.* 329, *fig.* 1646). — L'Allemagne acheta en 1867 le König Wilhelm, alors en construction en Angleterre pour le compte de la Turquie ; elle fit également construire en France le Kronprinz, en Angleterre le Friedrich Karl, plus petits que le précédent. Ils portent leurs canons dans une longue batterie centrale et deux batteries supérieures donnant le tir en chasse et en retraite. Le König Wilhelm est armé de dix-huit canons de $0^{m},24$, quatre de $0^{m},21$ et sept de $0^{m}15$, et blindé à 203 millimètres ; les deux derniers ont seize canons de $0^{m},21$ et une cuirasse de 127 millimètres.

Hansa (*pl.* 330, *fig.* 1647). — En 1868, l'Allemagne mit en chantier la Hansa, corvette en bois d'un déplacement de 3610 tonneaux, analogue aux corvettes cuirassées françaises, sauf la substitution aux tourelles d'un réduit supérieur, analogue à celui de l'Invincible, et contenant quatre canons de $0^{m},21$. Quatre autres sont placés dans la batterie.

Kaiser, Deutschland (*pl.* 330, *fig.* 1648). — Sur le Kaiser et le Deutschland, construits pour l'Allemagne sur les plans de Sir Edward Reed, les sabords des pans coupés furent disposés de manière à pouvoir servir à la fois pour le tir en chasse et en belle.

La batterie blindée est placée plus sur l'avant que sur l'Hercules, et sa partie avant est en saillie sur les œuvres mortes, qui, par suite, n'ont besoin que d'une très faible rentrée; la position assignée au réduit a en revanche l'inconvénient d'exposer les machines et les chaudières aux feux plongeants.

Sultan (*pl.* 330, *fig.* 1649). — Pour éviter de placer des canons de gros calibre aux extrémités, Sir Edward Reed établit sur les gaillards du Sultan, navire presque identique à l'Hercules, un second réduit à l'aplomb de l'arrière de celui de la batterie ; ce réduit est armé de deux canons de $0^{m},23$ pouvant tirer en retraite et par le travers; les pans coupés de la batterie sont, par suite, supprimés à l'arrière.

Invincible, Swiftsure (*pl.* 330, *fig.* 1650). — Une disposition analogue de réduits superposés fut adoptée sur les six navires des types Invincible (1) et Swiftsure (2), cuirassés de station. Le réduit inférieur bat le travers avec six canons de $0^{m},23$; la batterie supérieure, à pans coupés et en porte-à-faux, contient quatre canons du même calibre, tirant en chasse et en retraite. Sur le Swiftsure et le Triumph, le réduit supérieur fut fermé par des traverses cuirassées; il était ouvert sur les quatre autres navires.

La cuirasse de la flottaison est épaisse de 203 millimètres dans la partie centrale, et décroît aux extrémités ; elle est de 152 millimètres au réduit, sauf sur les cloisons transversales, blindées à 102 millimètres.

Le déplacement est de 6110 tonneaux pour le type Invincible, et 7020 tonneaux pour le type Swiftsure. La vitesse de ces navires est de $12^{\text{nœuds}},5$ à 14 nœuds.

Alexandra (*pl.* 330, *fig.* 1651). — La recherche d'un tir en chasse plus puissant a conduit à modifier la disposition précédente sur l'Alexandra, mise en chantier en 1873. La batterie inférieure, contenant huit canons de $0^{m},254$, est à pans coupés à l'avant comme la batterie supérieure, qui contient deux canons de $0^{m},279$ tirant en chasse, et deux canons de $0^{m},254$ tirant en retraite.

L'épaisseur de la cuirasse est portée à 305 millimètres; le déplacement atteint 9640 tonneaux, la vitesse d'essai 15 nœuds.

Téméraire (*pl.* 330, *fig.* 1652). — La batterie du Téméraire ne diffère de celle de l'Alexandra que par l'installation de deux canons de $0^{m},279$, placés aux pans coupés de l'avant, et la suppression de quatre canons de $0^{m},254$. Deux tourelles barbettes, placées sur les gaillards et près des extrémités, renferment deux canons de $0^{m},279$.

La cuirasse un peu réduite n'a que 279 millimètres à la flottaison au couple milieu, 254 millimètres au réduit. Le déplacement, 8680 tonneaux, est notablement plus faible que celui de l'Alexandra ; la vitesse d'essai a atteint $14^{\text{nœuds}},65$.

(1) Invincible, Audacious, Vanguard, Iron Duke.
(2) Swiftsure, Triumph.



Superb, Belleisle, Orion (*pl.* 330, *fig.* 1653). — Quoique la construction des navires à réduit ait été abandonnée après le Téméraire, l'Angleterre acheta en 1878 à l'Empire ottoman les trois navires dont les noms précèdent, qui sont des bâtiments à réduit, dont les traverses avant et arrière sont arrondies et percées de sabords de pan coupé, armés sur le Belleisle et l'Orion de canons de $0^m,305$, et de canons de $0^m,254$ sur le Superb.

Cuirassés à tourelles. — Les premiers navires à tourelles furent construits aux États-Unis pendant la guerre de Sécession; le combat du Merrimac et du Monitor à Hampton Roads appela l'attention sur cette disposition nouvelle. L'Angleterre installa immédiatement quatre tourelles sur un vaisseau rasé, le Royal Sovereign, celle de l'avant contenant deux canons de $0^m,203$, et les trois autres chacune un canon du même calibre.

On construisit aussi en fer le Prince-Albert, qui reçut quatre tourelles, abritant chacune un canon de $0^m,23$. Ces navires eurent des qualités nautiques très défectueuses, et leur grand tirant d'eau les rendait peu propres à la défense des côtes.

Monarch (*pl.* 331, *fig.* 1654). — Le promoteur de ces constructions, le capitaine Coles, qui avait déjà construit pour les Pays-Bas le Prince-Hendrik, et pour le Danemark le Rolf-Krake, obligea par sa persistance l'Amirauté à mettre en chantier un nouveau navire à tourelles, le Monarch, sur lequel on voulut conserver un franc-bord suffisant, pour éviter les inconvénients observés sur les navires précédents.

Le Monarch a un réduit central cuirassé, qui s'élève jusqu'à $4^m,27$ au-dessus de la flottaison, et abrite la base de deux tourelles contenant chacune deux canons de $0^m,305$. La cuirasse du réduit a 178 millimètres, celle des tourelles 254 millimètres; celle de la flottaison, qui a reçu la même épaisseur que celle du réduit, se relève aux extrémités pour abriter à l'arrière un canon de $0^m,178$, et à l'avant deux autres de $0^m,23$. Le champ de tir des tourelles est limité, et elles ont, par suite de leur position dans l'axe et de leur hauteur, un faible tir négatif. Le déplacement est de 8450 tonneaux.

La vitesse atteinte a été de $14^{\text{nœuds}},94$.

Neptune (*pl.* 331, *fig.* 1655). — L'Angleterre a acheté en 1878 le cuirassé l'Independenzia, construit pour le Brésil, qui a reçu le nom de Neptune. Il dérive du Monarch par une augmentation de déplacement de 1000 tonneaux, un élargissement de $1^m,70$ et un raccourcissement de $9^m,15$. La hauteur du franc-bord est plus faible, $3^m,35$. La cuirasse est épaisse de 305 millimètres à la flottaison, et de 330 millimètres aux tourelles.

Captain (*pl.* 331, *fig.* 1656). — Le Monarch, comme toute transaction, ne satisfaisait ni les partisans des navires à tourelles, ni leurs adversaires; le capitaine Coles parvint à obtenir la construction sur ses plans d'un navire représentant complètement ses idées, qui prit le nom de Captain.

Ce navire avait une ceinture cuirassée à 178 millimètres au milieu, et portait deux tourelles cuirassées à 254 millimètres autour des sabords, contenant chacune deux canons de $0^m,254$; le pont placé à leur base était cuirassé à 38 millimètres. Le champ de tir des tourelles était plus étendu que sur le Monarch, par suite de la suppression des batteries blindées des extrémités; à l'avant et à l'arrière, il n'y avait qu'un canon de $0^m,178$ sans protection, contenu dans des superstructures réunies par un pont volant qui passait au-dessus des tourelles.

Le projet supposait une hauteur du pont au-dessus de l'eau de $2^m,44$, qui par suite d'une erreur se trouva réduite à $1^m,83$. La mâture était considérable, et fut cause que le 6 septembre 1870 le Captain sombra dans le golfe de Gascogne, engloutissant avec lui presque tout son équipage, et le



capitaine Coles; ce désastre fit abandonner la mâture sur les cuirassés à tourelles et à franc-bord peu élevé, construits ultérieurement.

Breastwork-monitors. — En même temps que l'on construisait le Captain, on mettait en chantier quelques navires à faible franc-bord et sans mâture, destinés uniquement à la défense locale; tels furent le Cerberus, le Magdala et l'Abyssinia, désignés sous le nom de *breastwork-monitors*, par suite de l'établissement d'un parapet blindé autour de la base de deux tourelles tournantes.

Les quatre garde-côtes Cyclops (*pl.* 331, *fig.* 1657), Hydra, Hecate et Gorgon sont semblables au type Cerberus; ils portent deux tourelles protégées à la base par un parapet, armées chacune de deux canons de $0^m,254$, et ont un blindage de 254 millimètres au maximum.

On construisit également le Glatton (*pl.* 331, *fig.* 1658), le Rupert (*pl.* 331, *fig.* 1659) et le Hotspur (*pl.* 331, *fig.* 1660), munis, les deux premiers d'une tourelle tournante, le dernier d'une tourelle fixe, et armés, le Rupert de deux canons de $0^m,254$, les deux autres de deux canons de $0^m,305$; les blindages atteignent au maximum 305 millimètres. Ce sont des garde-côtes d'un fort tirant d'eau, s'élevant jusqu'à $7^m,16$ (Rupert), et que leur faible approvisionnement de charbon rend difficilement offensifs.

Le Conqueror et le Hero, navires tout récents, sont également des garde-côtes à une seule tourelle renfermant deux canons de 44 tonnes. La longueur est de $82^m,30$, le déplacement de 6300 tonneaux.

Devastation. — En 1869, on se décida à entreprendre la construction de cuirassés à tourelles de haute mer, mais en supprimant une mâture compromettante pour la sûreté du navire. Au cours de la construction, le désastre du Captain vint jeter un discrédit temporaire sur les navires à tourelles, même dépourvus de mâture. A la suite d'une enquête approfondie, poursuivie par le *Committee of Designs*, la construction de la Devastation fut continuée avec quelques modifications.

La Devastation (*pl.* 331, *fig.* 1661) est un monitor à réduit central et à deux tourelles, portant quatre canons de $0^m,305$. La cuirasse des flancs, en saillie sur la coque comme sur le Glatton, est épaisse de 305 millimètres à la flottaison et au couple milieu, et s'élève à $1^m,52$ au-dessus de l'eau; la virure inférieure n'a que 254 millimètres, et les épaisseurs se réduisent jusqu'à 203 millimètres aux extrémités. Le réduit est cuirassé à 305 millimètres au maximum. La cuirasse des tours est en deux épaisseurs de 152 millimètres; l'une d'elles est portée à 203 millimètres aux sabords. Le réduit est en retrait de $3^m,77$ sur la muraille; mais en vue d'accroître la stabilité, on a prolongé les flancs par une superstructure montant jusqu'au pont supérieur du réduit, d'où partent les supports d'un *hurricane deck*, élevé de 8 mètres au-dessus de l'eau. On a ajouté plusieurs cloisons blindées intérieures, destinées à mieux abriter la machine et la chaudière.

A l'avant, par suite de modifications apportées, et d'une augmentation de tirant d'eau de 15 centimètres, la ceinture cuirassée s'arrête presque exactement à la flottaison, ce qui mettrait le navire dans une situation critique, si un coup heureux faisait une brèche dans les constructions en tôle qui forment l'avant, et montent presque au niveau du réduit; d'ailleurs même par calme, la mer monte sur l'avant jusqu'au dessus du pont.

Le déplacement est de 9480 tonneaux, la longueur de $86^m,87$. Pour compenser la suppression de la mâture, et assurer un long parcours, on a fixé l'approvisionnement de charbon au chiffre énorme de 1600 tonneaux; ce qui assure une distance franchissable de 5600 milles; la vitesse à toute vapeur a atteint $13^{nœuds},80$.



Le Thunderer, construit sur le même plan que la Devastation est armé de deux canons de 0m,317 et deux autres de 0m305.

Dreadnought (*pl.* 332, *fig.* 1662). — Le Dreadnought (ex. Fury) offre une disposition analogue : la cuirasse des flancs est portée à 356 millimètres, celle du réduit à 356 millimètres à la base des tourelles ; celle des tourelles a une double épaisseur de 178 millimètres. La cuirasse des flancs dépasse la flottaison, et s'élève à 70 centimètres au-dessus. La cuirasse du réduit, épaisse de 279 millimètres, prolonge celle des flancs, s'élève plus haut que sur la Devastation et augmente d'autant le commandement des tourelles; il n'existe plus de superstructures pénétrables, sauf en dehors du réduit, long de 56m,08. Une cloison cuirassée protège par l'arrière les soutes à poudres contre les coups d'enfilade. L'armement se compose de quatre canons de 0m,317.

La propulsion, comme sur les deux navires précédents, est produite par deux machines à hélice, qui, sur le Dreadnought, sont séparées par une cloison longitudinale.

La vitesse atteinte aux essais a été de 14nœuds,2 ; l'approvisionnement de charbon est de 1630 tonneaux. La longueur est de 11 mètres supérieure à celle de la Devastation, et le déplacement porté à 10990 tonneaux.

Pierre-le-Grand (*pl.* 332, *fig.* 1663). — Le cuirassé russe Pierre-le-Grand offre une grande analogie avec le Dreadnought. La cuirasse est épaisse de 356 millimètres, et renforcée par des armatures en fer très vigoureuses. L'approvisionnement de charbon est borné à 900 tonneaux, très inférieur par suite à celui de ses similaires. Il est armé de quatre canons de 0m,305.

Général-Amiral (*pl.* 332, *fig.* 1664). — En 1872, la Russie construisit le croiseur cuirassé Général-Amiral, pourvu d'une cuirasse de 152 millimètres, et armé de quatre canons de 0m,203, et deux de 0m,152, placés dans un réduit barbette, cuirassé également à 152 millimètres, et faisant saillie sur les murailles, de manière à fournir des feux en chasse et en retraite; entre la ceinture et le réduit, placé sur le gaillard, il n'y avait aucune cuirasse. Le déplacement du Général-Amiral est de 4600 tonneaux, la vitesse de 13 nœuds. Le Duc-d'Edimbourg est semblable au Général-Amiral, et le Minin, plus fort de 1140 tonneaux, blindé à 200 millimètres, porte quatre canons de 0m,203 dans des tourelles en encorbellement, et douze canons de 0m,152.

Shannon, Nelson et Northampton (*pl.* 332, *fig.* 1665-1666). — Le trait saillant des navires précédents était la suppression de la cuirasse depuis le can supérieur de la ceinture jusqu'au réduit ou aux tourelles. Le Général-Amiral et le Duc-d'Edimbourg ont, avec un déplacement presque identique, un armement bien inférieur à celui du type La Galissonnière; ils firent cependant une assez profonde impression pour que, peu après, Sir Nathaniel Barnaby, qui avait succédé à Sir Edward Reed, construisit le Shannon (1876), en accentuant encore le décuirassement. Sur ce navire la flottaison est protégée depuis l'arrière jusqu'à 18m,30 de l'étrave, au droit d'une cloison transversale; l'épaisseur du blindage est de 229 millimètres. L'extrême avant est protégé par un pont cuirassé à 38 millimètres, qui part du can inférieur du blindage, et va consolider l'éperon.

L'artillerie se compose de deux canons de 0m,254, tirant en chasse et par le travers à des sabords d'angle, et de sept canons de 0m,23, dont un en retraite ; ces neuf pièces sont établies sur les gaillards, et n'ont d'autre protection qu'une redoute cuirassée ouverte à l'arrière, qui défend les deux canons de l'avant, et au travers de laquelle sont percés leurs sabords ; elle garantit toute la batterie contre les coups d'enfilade de l'avant.

Le déplacement du Shannon est de 5480 tonneaux, sa vitesse de 12nœuds,3.

On construisit bientôt après (1877), dans le même ordre d'idées, le Nelson et le Northampton, navires plus grands (7750 tonneaux), auxquels on conserva la même épaisseur de blindage ; mais la

ceinture cuirassée ne s'étendit que dans la maîtresse partie, sur 55 mètres de long ; à l'aplomb de ses extrémités s'élevèrent deux redoutes cuirassées semblables à celle du Shannon; quatre sabords d'angle reçurent quatre canons de 0^m,254, tirant deux en chasse, deux en retraite, aussi bien que par le travers. Entre eux furent placées huit pièces de 0^m,23, sans aucune protection, et tirant par le travers.

Duilio, Dandolo (*pl.* 332, *fig.* 1667). — A la même époque le Duilio et le Dandolo, lancés en 1876 et en 1878, très différents des navires précédents comme déplacement et disposition d'artillerie, étaient l'objet d'une application des idées de décuirassement, qui avaient cours à cette époque, et qui, quoique vigoureusement soutenues, n'étaient pas parvenues à s'implanter en France ; car on ne peut compter comme une tentative de décuirassement la disposition de l'arrière de la Dévastation, dépourvu de blindage sur 8^m,30 seulement.

Jusqu'à ce moment l'Italie en était restée pour tous ses cuirassés d'escadre à la disposition ordinaire du réduit cuirassé. L'Ancona, la Maria-Pia, le San-Martino, le Castelfidardo remontaient à 1863 et 1865, et portaient au-dessus d'une ceinture complète, cuirassée à 110 millimètres, un réduit rectangulaire renfermant huit canons de 0^m,20, sur les gaillards deux pièces de chasse de 0^m,22 et une pièce de retraite de 0^m,20, abritées dans des redoutes cuirassées.

La Venezia, lancée en 1869, avait un réduit à pans coupés, analogue à celui de l'Hercules, renfermant huit canons de 0^m,25 ; un canon de 0^m,22 était placé en chasse derrière un masque cuirassé.

Le Principe-Amedeo et le Palestro, lancés en 1875, conservaient la ceinture complète surmontée de deux réduits fermés, placés vers les extrémités, renfermant l'un deux canons de 0^m,25, l'autre quatre canons du même calibre ; enfin dans une redoute située sur le gaillard d'avant se trouve un canon de 0^m,28.

Sur le Duilio et le Dandolo, d'un déplacement beaucoup plus considérable, 11200 tonneaux, la cuirasse, qui atteint une épaisseur de 550 millimètres, ne règne que sur 45 mètres de longueur, et ses extrémités sont réunies par des cloisons blindées à 400 millimètres. Au-dessus du compartiment ainsi formé, est un réduit de 33 mètres de long et de la largeur du navire, cuirassé à 430 millimètres, dont les cloisons transversales sont courbes, et blindées à 400 millimètres ; ce réduit abrite la base de deux tourelles blindées à 450 millimètres, et renfermant chacune deux canons de 0^m,45 et de 100 tonnes. Les tourelles sont excentrées, de manière à pouvoir présenter trois canons en chasse et en retraite. La mâture est complètement supprimée ; la vitesse maxima est de 15 nœuds.

Inflexible (*pl.* 333, *fig.* 1668). — A cette époque, l'Angleterre en était restée à la cuirasse de 356 millimètres du Dreadnought, et aux canons de 305 millimètres. Sur l'Inflexible, on passa brusquement à une cuirasse de 610 millimètres, et à des canons de 0^m,406 pesant 80 tonneaux.

La disposition générale est la même que celle du Duilio et du Dandolo. Un pont blindé à 76 millimètres règne sur la plus grande partie du navire, à 1^m,96 au-dessous de la flottaison. Dans la partie centrale s'élève un réduit de 4^m,88 de hauteur, 33^m,55 de long sur 22^m,90 de large, qui abrite la base de deux tourelles cuirassées à 406 millimètres. La cuirasse de la flottaison et celle des tourelles sont formées de deux épaisseurs égales, séparées par un matelas. La disposition des tourelles et des superstructures, placées au-dessus du pont supérieur, permet le tir en chasse avec quatre pièces, le tir en retraite avec trois seulement. L'avant et l'arrière du navire ne sont protégés que par l'établissement d'une garniture de liège, haute de 2^m,40, et épaisse de 1^m,20, et par la subdivision de la tranche de la flottaison en de nombreuses cellules, destinées à l'emmagasinement du charbon.

Le déplacement de l'Inflexible est de 12070 tonneaux, sa longueur est de 97m,53, sa largeur de 22m,86, ce qui porte le rapport de la longueur à la largeur au nombre assez faible de 4,27. Il n'a aucune mâture; une machine de 8500 chevaux lui permet d'atteindre une vitesse de 13nœuds,81.

L'Inflexible a été en butte à de violentes critiques; l'opinion publique vivement émue a nécessité la réunion d'un comité, analogue à celui qui avait été nommé à la suite de l'accident du Captain, en vue surtout d'examiner si, avec la longueur donnée à la citadelle, la destruction des extrémités non cuirassées, longues de 33 mètres, n'était pas compromettante pour la stabilité du navire.

Le rapport du comité fut somme toute favorable à l'Inflexible. La destruction totale des extrémités, difficile à admettre, à moins de supposer l'attaque de l'Inflexible par une flottille nombreuse, n'entraîne pas le chavirement du navire, nécessite seulement que l'on manœuvre avec prudence, par exemple que l'on ne tire pas les quatre canons d'un même bord.

En admettant que les extrémités, complètement vides de charbon, soient percées et remplies d'eau, l'Inflexible offre encore une stabilité suffisante, qui lui permet de naviguer, d'évoluer à toute vapeur comme à l'ordinaire et de tirer tous ses canons d'un même bord.

Aussi, sur les navires qui ont suivi, a-t-on continué à appliquer les mêmes principes, et à protéger la flottaison sur une partie seulement de sa longueur ; l'insubmersibilité des extrémités est obtenue par l'établissement d'une tranche cellulaire remplie d'objets encombrants.

Navires à citadelle, Ajax, Agamemnon, Colossus, Edinburgh (*pl.* 333, *fig.* 1669-1670). — Quoique les conclusions fussent favorables aux dispositions générales de l'Inflexible, on trouvait cependant que les navires à grand déplacement, auxquels on avait été conduit par le désir de dépasser l'Italie, avaient l'inconvénient d'être peu maniables et de coûter fort cher. Aussi mit-on bientôt après en chantier deux navires, l'Agamemnon, lancé en 1879, et l'Ajax, en 1880 (*pl.* 333, *fig.* 1669), qui sont des réductions de l'Inflexible aussi bien comme déplacement que comme cuirasse et comme armement. Depuis, deux autres navires, pour lesquels on a employé l'acier, ont été construits sur des plans analogues : ce sont le Colossus et l'Edinburgh.

Le déplacement est réduit à 8650 tonneaux pour l'Agamemnon et l'Ajax, la longueur à 85m,34, la largeur à 20m,12. La disposition générale est la même que celle de l'Inflexible. La cuirasse de la citadelle est en deux plans atteignant une épaisseur totale de 457 millimètres; le blindage des deux tourelles a une épaisseur de 406 millimètres; elles renferment quatre canons de 0m,317 (38 tonneaux). La machine a une puissance de 6400 chevaux, et la vitesse est de 13 nœuds.

Le Colossus et l'Edinburgh (*pl.* 333, *fig.* 1670) déplacent 9300 tonneaux, avec une longueur de 99 mètres. L'épaisseur de la cuirasse atteint 457 millimètres; l'artillerie se compose de quatre canons de 0m,305 (44 tonneaux), placés dans les tourelles, et de cinq canons de 0m,152.

Navires à barbettes, Collingwood, etc. — Le Collingwood, commencé en 1880, est le point de départ du nouveau type de cuirassés, dits *navires à barbettes*. Au lieu d'avoir comme les types Inflexible, Ajax, etc., des tourelles fermées, abritées à leur base par la cuirasse de la citadelle, il est pourvu de deux tourelles barbettes recouvertes de plaques de 355 millimètres inclinées et planes; les tourelles sont placées dans l'axe, mais en partie en dehors de l'aplomb de la partie blindée de la flottaison; deux tubes cuirassés verticaux protègent les munitions, dans leur passage au travers des parties non blindées. La région cuirassée, terminée aux extrémités par des traverses, est plus longue, mais beaucoup moins haute que dans les navires à citadelle; la cuirasse

des flancs, épaisse de 457 millimètres au maximum, ne dépasse pas le pont cuirassé, qui s'abaisse vers les extrémités,comme sur les types qui précèdent.

L'armement se compose de quatre canons de $0^{m},305$ et de 44 tonnes, placés dans deux tourelles recouvertes de plaques de 292 et 254 millimètres, et de six canons de $0^{m},152$, placés entre les tourelles, et abrités par des traverses blindées à 152 millimètres.

Le déplacement est de 9300 tonneaux.

Le Howe et le Rodney, commencés en 1882, ont 9860 tonneaux de déplacement ; ils portent quatre canons de $0^{m},343$ et 67 tonnes en tourelles barbettes, et six canons de $0^{m},152$ en batterie. L'Anson et le Camperdown (*pl.* 333, *fig.* 1671), ont un déplacement de 10200 tonneaux, et porteront le même armement. Le Benbow recevra deux canons de $0^{m},419$ et de 110 tonneaux, et dix canons de $0,^{m}152$.

La cuirasse est la même, à quelques différences près, pour ces six navires. La vitesse prévue est de 15 nœuds à tirage naturel, 17 nœuds à tirage forcé.

Impérieuse, Warspite. — Les cuirassés de second rang ou de croisière, Impérieuse et Warspite, présentent une disposition générale analogue. La cuirasse, épaisse de 254 millimètres au maximum, réduite à 178 millimètres au can inférieur, ne s'élève que jusqu'à un pont cuirassé, placé à peu de hauteur au-dessus de la flottaison, qui n'est protégée que sur $42^{m},38$ de longueur ; des traverses blindées reçoivent des plaques de 229 millimètres.

Le pont est recouvert, au-dessus du parallélipipède cuirassé, de plusieurs épaisseurs de tôle formant un total de $76^{mm},2$; aux extrémités, le cuirassement, en deux épaisseurs, est réduit à $25^{mm},4$. En dehors de la partie cuirassée, le pont blindé s'abaisse d'un mètre, et descend au-dessous de la flottaison ; en abord, il est incliné à 45°, et son épaisseur s'élève à 76 millimètres. La protection est complétée par la multiplication des cloisons dans le voisinage de la flottaison, et par l'installation de deux cofferdams transversaux.

Quatre tourelles barbettes, disposées en losange, cuirassées à 229 millimètres, renferment chacune un canon de $0^{m},234$ (22^{t}). Il y a en outre six canons de $0^{m},152$.

Le déplacement de ces navires s'élève à 7500 tonneaux environ, et la vitesse à 17 nœuds.

Italia, Lepanto (*pl.* 333, *fig.* 1672). — La marine italienne a été plus loin encore dans la voie de l'accroissement des dimensions, et du décuirassement. Sur l'Italia et le Lepanto, elle supprime tout blindage à la flottaison, et se contente d'un réduit blindé à 430 millimètres, placé en diagonale sur les gaillards, qu'il surplombe, et renfermant quatre canons de $0^{m},43$ et de 100 tonnes, établis par paires sur des plates-formes tournantes aux extrémités du réduit, et tirant en barbette , outre ces pièces, il y a douze canons de $0^{m},15$ dans la batterie, et six du même calibre sur les gaillards.

La défense de la flottaison est obtenue par un cloisonnement très multiplié en abord, et l'établissement de soutes à charbon formant blindage dans la partie centrale. Le pont situé au-dessous de la flottaison, qui s'abaisse à l'avant pour rejoindre l'éperon, est recouvert de 75 millimètres d'acier ; de ce pont partent les passages de munitions protégés par une cuirasse de 450 millimètres. La base des cheminées n'est blindée que jusqu'à $0^{m},40$ au-dessus de la flottaison par des plaques variant de 750 à 400 millimètres.

La vitesse prévue est de 18 nœuds, la longueur est de 122 mètres, le déplacement de 13898 tonneaux.

Ces deux navires dérivent d'idées bien différentes de celles qui ont eu et ont encore cours dans les marines française et anglaise. Tandis que dans ces deux pays on se borne autant que possible à



des bâtiments de dimension modérée, suffisamment défendus sans être invulnérables, et destinés à un rôle bien défini, qu'ils ne pourront remplir qu'à la condition d'être soutenus par d'autres navires, on a voulu faire de l'Italia et du Lepanto non pas un navire, mais une escadre tout entière, propre à tous les services. A une invulnérabilité presque complète contre le canon, on a voulu joindre une artillerie d'une puissance sans égale, une vitesse que n'atteint jusqu'ici aucun cuirassé en service, enfin la possibilité de porter une troupe de débarquement de 4500 hommes, pendant une courte traversée.

Peut-être est-on arrivé à réunir toutes ces qualités; mais on n'aura en tout cas que des navires peu maniables, d'un prix énorme, qu'une torpille heureuse peut anéantir. L'Italie toutefois ne paraît pas encore avoir renoncé aux navires à déplacements énormes, et être rentrée dans la voie que suivent les deux principales marines.

Cuirassés circulaires (*pl.* 333, *fig.* 1673). — Dans cette énumération rapide des principaux types de cuirassés qui ne se rencontrent pas dans notre flotte, nous ne pouvons passer sous silence les cuirassés russes, dits *Popoffkas.*

Dès 1868, M. Elder poursuivait l'idée de la réduction de la longueur, et, voulant protéger avec une cuirasse de poids et d'épaisseur déterminés un navire aussi grand que possible, proposait de donner à la flottaison la forme circulaire.

L'idée fut reprise en Russie par l'amiral Popoff, en vue de réduire au minimum le tirant d'eau de navires destinés à la défense des ports de la mer Noire. Les deux batteries construites dans ce système ont les fonds complètement plats; la muraille se relève jusqu'au-dessus de la flottaison, sans être jamais verticale. La cuirasse en deux épaisseurs est cylindrique; elle est recouverte par un revêtement en bois, qui se continue sur le fond du navire.

L'artillerie se compose de deux canons de gros calibre placés dans une tourelle barbette établie au centre du pont.

Les principales données des deux navires construits dans ce système sont les suivantes :

	Novgorod.	Amiral-Popoff.
Diamètre au pont	30^{m},80	39^{m},34
Tirant d'eau	4^{m},03	4^{m},35
Déplacement.	2500 tonneaux	3550 tonneaux.
Cuirasse, flancs	229 millimètres	407 millimètres
— pont.	69 —	69 —
Vitesse	7 nœuds	7 nœuds
Artillerie	2 canons de 0^{m},28	2 canons de 0^{m},305

Ainsi qu'il est facile de le présumer, la vitesse de navires d'un faible tirant d'eau et dont les formes empêchent l'arrivée de l'eau aux hélices, au nombre de six, a été très médiocre; la stabilité de route a été reconnue très insuffisante. Ces défauts en font plutôt des forts flottants que des navires de mer, et, en les réduisant à ce rôle, on doit leur reconnaître encore le grave inconvénient d'avoir leur grosse artillerie dans des tourelles barbettes, dont le bord supérieur n'est qu'à 4 mètres environ au-dessus de l'eau, exposée par suite d'une manière très dangereuse aux feux plongeants.



CHAPITRE LVIII.

CROISEURS. — CANONNIÈRES.

C'est à l'année 1865 que remontent les études relatives aux premiers navires de croisière à grande vitesse. Parmi les croiseurs que comprend la liste actuelle de la flotte il ne subsiste que peu de navires antérieurs à cette époque ; quelques-uns des plus anciens d'entre eux, Flore, Magicienne, Clorinde, sont des navires à voiles transformés; quelques autres, Desaix, Hirondelle, sont d'anciens yachts, pourvus par suite d'une belle vitesse, mais sans puissance militaire. Quelques-uns enfin, Minerve et Vénus, Dupleix et Decrès, Talisman, d'Estrées, Volta, Limier, Latouche-Tréville, ont été construits pour porter un moteur à vapeur, mais ont de faibles vitesses, et sont destinés par leur âge à disparaître à bref délai.

Croiseurs de seconde classe. Infernet, Sané, Châteaurenault. — Le résultat des études faites en 1865 fut l'adoption du type Infernet, de M. le directeur des constructions navales Bienaymé (*pl.* 334, *fig.* 1674 ; *pl.* 337, *fig*. 1727), sur les plans duquel trois autres croiseurs, Champlain, Dupetit-Thouars et Laclocheterie, furent construits, et du type Sané, de M. l'ingénieur de la marine Dutard, comprenant également le Seignelay et le Fabert, (*pl.* 334, *fig.* 1675 ; *pl.* 337, *fig.* 1728). A cette époque, l'opinion se portait vers l'adoption des gros calibres ; aussi essaya-t-on sur quelques-uns de ces navires un armement composé de trois canons de 19 centimètres sur pivot central, puis des canons de 16 centimètres. Cet armement fut encore trouvé trop lourd, et on adopta pour la plupart d'entre eux dix canons de 14 centimètres, dont deux placés sur pivot en chasse et en retraite. Sur l'Infernet et le Champlain toutefois, on a conservé le canon de 16 centimètres comme pièce de chasse; le Seignelay et le Sané n'ont reçu que huit canons de 14 centimètres. Toute l'artillerie de ces bâtiments est placée sur les gaillards.

On peut rattacher à ces types le Châteaurenault (*pl.* 334, *fig.* 1676) de M. Normand, qui, après avoir reçu primitivement cinq canons de 16 centimètres, porte actuellement sept canons de 14 centimètres.

La vitesse ayant été l'objectif principal, ces navires sont fins ; leur longueur oscille autour de 80 mètres, et leur largeur varie de $10^{m},70$ à 11 mètres; leur déplacement, de 1879 à 1963 tonneaux. Ils ont reçu des machines développant de 1700 à 2000 chevaux ; leur vitesse a atteint jusqu'à 15 nœuds aux essais.

La surface de voilure est d'environ 35 fois le couple milieu. L'approvisionnement de charbon leur assure une distance franchissable variant de 6000 à 6340 milles.

Les navires que nous venons d'examiner ont des coques en bois, et leur construction, inter-

rompue par la guerre de 1870, dura, pour quelques-uns jusqu'en 1875. Mais, dès 1871, les idées s'étaient modifiés et d'autres études étaient en cours.

Croiseurs de 1re classe. Duquesne (*pl.* 334, *fig.* 1677; *pl.* 336, *fig.* 1719). — L'adoption par l'Angleterre de croiseurs à grand déplacement (Inconstant, Shah), pouvant par suite avoir une batterie couverte, et des canons de gros calibre et à grande portée sur les gaillards, enfin une vitesse atteignant 16nœuds, 5, fut la cause déterminante de la construction du Duquesne et du Tourville, de M. le directeur des constructions navales Lebelin de Dionne.

La coque est en fer, recouverte de bois ; le déplacement atteint 5824 tonneaux ; la longueur est de 101m,58 ; le tirant d'eau arrière dépasse 8 mètres. La vitesse a atteint 16nœuds, 90; la puissance indiquée, 8600 chevaux.

Le trait caractéristique de ces deux navires est la disposition de l'artillerie ; dans la batterie quatorze canons de 14 centimètres tirent par le travers ; sur les gaillards un canon de 19 centimètres est placé sous la teugue en chasse, six autres sont établis sur des encorbellements, qui permettent de pointer les deux de l'avant en chasse, les deux de l'arrière en retraite extrême.

La voilure, moins développée que dans les types précédents, est portée sur trois mâts carrés, et n'atteint que 25 fois environ la surface du couple milieu.

Les croiseurs de grande dimension, très à la mode au moment de la mise en chantier de ces deux navires, paraissent aujourd'hui bien coûteux pour le genre de services qu'ils peuvent rendre ; aussi, en France aussi bien qu'en Angleterre, est-on revenu ensuite à des proportions plus modestes.

Duguay-Trouin. — Quoique le Duguay-Trouin, de M. l'ingénieur de la marine Eynaud (*pl.* 334, *fig.* 1678 ; *pl.* 336, *fig.* 1720), soit un croiseur à batterie barbette de 2me classe, nous le rattacherons au type précédent, dont il est le contemporain.

La coque est construite comme celle du Duquesne et du Tourville, en fer avec doublage en bois ; le déplacement n'atteint que 3661 tonneaux. La longueur est de 90m, 15, le tirant d'eau arrière de 6m, 72 ; la vitesse aux essais a atteint 15nœuds, 54, avec une puissance indiquée de 3800 chevaux.

Comme les précédents, il a un avant à éperon ; son artillerie se compose de quatre canons de 19 centimètres installés dans des tourelles en encorbellement, permettant le tir en chasse et en retraite extrême, un canon de 19 centimètres sous la teugue tirant en chasse, quatre canons de 14 centimètres tirant par le travers, un canon de 14 centimètres tirant en retraite ; toute l'artillerie est placée sur les gaillards. La voilure, portée sur trois mâts carrés, atteint près de 27 fois le couple milieu.

Nouveaux types de croiseurs de 1re classe. — Depuis la mise en chantier du Duquesne et du Tourville, une réaction s'est produite contre les croiseurs à grand déplacement et à faible mâture; on abandonnait aussi l'artillerie de gros calibre, et on préférait aux pièces de 19 centimètres, pour des navires incapables de soutenir le combat contre des cuirassés, des canons de 14 centimètres, plus légers et maniables, mais beaucoup plus multipliés; le calibre de 14 centimètres avait d'ailleurs été perfectionné, et sa puissance accrue. On désirait aussi avoir des bâtiments propres à tenir station hors des mers d'Europe, fournissant des logements spacieux, analogues a ceux des anciennes frégates (1).

Dubourdieu et Iphigénie (*pl.* 334, *fig.* 1679 ; *pl.* 336, *fig.* 1721 ; *pl.* 337, *fig.* 1722). — On fit même assez bon marché de la vitesse, et on se contenta sur l'Iphigénie et le Dubourdieu, dus à M. l'ingénieur de la marine Valin, de vitesses atteignant 13nœuds,5.

(1) Ces bâtiments portent actuellement le nom de croiseurs à batterie.



L'Iphigénie (*pl.* 336, *fig.* 1721), longue de $74^m,53$, a un déplacement de 3285 tonneaux; elle est destinée à porter douze canons de 14 centimètres dans la batterie, deux de 16 centimètres sur les gaillards à des sabords à pans coupés percés dans la teugue, deux de 14 centimètres sous la dunette; quatre autres canons de 14 centimètres placés sur les gaillards complètent l'armement.

Sur le Dubourdieu (*pl.* 334, *fig.* 1679; *pl.* 337, *fig.* 1722), on a voulu accroître encore l'importance de l'artillerie; la longueur a été portée à $77^m,30$, le déplacement à 3370 tonneaux; l'armement se compose de vingt canons de 14 centimètres dans la batterie, et de quatre de 16 centimètres sur les gaillards, disposés comme sur le navire précédent.

Naïade (*pl.* 334, *fig.* 1680; *pl.* 337, *fig.* 1723). — Le retour à la recherche de la vitesse ne tarda pas à se faire sentir; en 1878, on mit en chantier la Naïade, dont les plans sont dus à M. l'ingénieur de la marine Eynaud. Avec une longueur de 75 mètres, un déplacement de 3525 tonneaux, peu inférieure à celui du Duguay-Trouin, mais avec des formes notablement plus pleines, la Naïade porte douze canons de 14 centimètres dans la batterie, deux de 16 centimètres et deux de 14 centimètres sous la teugue et la dunette. La surface de voilure est un peu réduite; elle est de 33 B^2, et atteignait 36,86 B^2 sur les deux navires précédents. La distance franchissable est de 5810 milles. La vitesse de la Naïade a été de $13^{\text{nœuds}},865$ aux essais.

Aréthuse (*pl.* 334, *fig.* 1681; *pl.* 337, *fig.* 1724). — Un nouveau pas dans le même sens fut fait par la mise en chantier en 1879 du croiseur l'Aréthuse, dû à M. le directeur des constructions navales Bienaymé. La longueur est sensiblement augmentée, et portée à $84^m,00$; le déplacement est peu accru, et s'élève à 3649 tonneaux; la finesse est par suite beaucoup plus grande.

L'artillerie est portée à vingt canons de 14 centimètres dans la batterie, quatre canons de 16 centimètres en demi-tourelles, tirant en chasse et en retraite sur les gaillards, et deux canons de 14 centimètres, l'un sur la dunette, l'autre sur la teugue. La surface de voilure est bien diminuée, et tombe à 27,5 B^2; en revanche, la distance franchissable à la vapeur est portée à 5100 milles, et la vitesse à $15^{\text{nœuds}},57$ avec tirage forcé.

Tous les croiseurs postérieurs au Duguay-Trouin sont construits en bois avec bauquières et barrots en fer.

Sfax (*pl.* 334, *fig.* 1682; *pl.* 337, *fig.* 1725). — Sur le Sfax, mis en chantier en 1882 sur les plans de M. l'ingénieur de la marine Bertin, on adopta la construction en acier avec doublage en bois. La longueur est augmentée, et portée à 89 mètres, le déplacement à 4502 tonneaux; la finesse des formes est encore accrue.

La mâture prend moins d'importance encore (26 B^2); la distance franchissable est réduite à 4200 milles, et peut être portée à 5600 milles en admettant une surcharge de 200 tonneaux de charbon.

L'artillerie est fixée à six canons de 16 centimètres sur les gaillards, et dix canons de 14 centimètres dans la batterie.

La machine développant 5620 chevaux doit faire atteindre au navire une vitesse de 16 nœuds.

En même temps une disposition appliquée pour la première fois dans les constructions françaises vient protéger la flottaison contre les ravages de l'artillerie: une ceinture de cellules disposées en abord est remplie de cellulose, et forme cofferdam, en même temps que de nombreuses soutes, établies à la hauteur de la flottaison, constituent une tranche cellulaire remplie de charbon et d'objets encombrants.

Tage, Cécille. — Ajoutons enfin à cette énumération de nos croiseurs à batterie le Tage et le Cécille, actuellement en construction. Sur ces deux navires, la vitesse demandée atteint le chiffre considérable de 19 nœuds ; la protection est obtenue par l'établissement d'un pont cuirassé à 40 millimètres, qui dépasse la flottaison au milieu, et s'abaisse à $1^m,20$ au-dessous en abord ; il est surmonté sur les côtés par une ceinture cloisonnée.

Le déplacement du Tage est de 5766 tonneaux, celui du Cécille de 7045 tonneaux.

La valeur du coefficient $\frac{V}{B^2L}$, calculée pour quelques-uns des types qui précèdent, donnera une idée de la variation de la finesse.

Duquesne	0,704
Duguay-Trouin	0,668
Dubourdieu	0,728
Iphigénie	0,726
Naïade	0,707
Aréthuse	0,675
Sfax	0,634
Tage	0,578
Cécille	0,614

La répartition du déplacement de ces croiseurs est donnée dans le tableau ci-dessous ; nous y joignons, à titre de comparaison, les mêmes données pour des croiseurs de types anciens.

NOMS DES NAVIRES.		COQUE.	APPAREIL moteur.	COMBUSTIBLE.	MATURE, embarcations, approvisionnements.	ARTILLERIE.	ÉQUIPAGE, vivres, eau.	TOTAL.
Pallas (*pl.* 336, *fig.* 1716)	Tonneaux	1760	469	440	471	299	229	3668
	Pour 100	48	13	12	13	8	6	
Thémis (*pl.* 336, *fig.* 1717)	Tonneaux	1705	462	469	311	199	219	3365
	Pour 100	51	14	14	9	6	6	
Vénus (*pl.* 336, *fig.* 1718)	Tonneaux	1423	416	320	258	159	175	2751
	Pour 100	51	15	12	10	6	6	
Duquesne (*pl.* 336, *fig.* 1719)	Tonneaux	2736	1452	727	333	345	231	5824
	Pour 100	47	25	12	6	6	4	
Duguay-Trouin (*pl.* 336, *fig.* 1720)	Tonneaux	1755	771	575	219	205	136	3661
	Pour 100	48	21	16	6	5	4	
Iphigénie (*pl.* 336, *fig.* 1721)	Tonneaux	1679	461	430	292	236	187	3285
	Pour 100	51	14	13	9	7	6	
Dubourdieu (*pl.* 337, *fig.* 1722)	Tonneaux	1690	478	400	317	300	185	3370
	Pour 100	50	14	12	9	9	6	
Naïade (*pl.* 337, *fig.* 1723)	Tonneaux	1737	488	503	336	254	207	3525
	Pour 100	49	14	14	10	7	6	
Aréthuse (*pl.* 337, *fig.* 1724)	Tonneaux	1678	670	492	271	333	205	3649
	Pour 100	46	18	13	8	9	6	
Sfax (*pl.* 337, *fig.* 1725)	Tonneaux	2206	933	606	320	258	179	4502
	Pour 100	49	21	13	7	6	4	
Tage	Tonneaux	(a) 3413	1685	915	546	295	191	7045
	Pour 100	49	24	13	7	4	3	
Cécille	Tonneaux	(a) 2933	1225	649	473	300	186	5766
	Pour 100	51	21	12	8	5	3	

(a) Cuirasse du pont et cellulose comprises.

Croiseurs de 2e classe. Types Lapérouse et Villars. — La faveur dont jouissaient les grands croiseurs avait un peu fait abandonner les croiseurs de 2e classe ; en 1875, on se décida à créer de nouveaux types, auxquels on demandait une vitesse un peu supérieure à celle des types Infernet et Sané, et surtout un armement beaucoup plus puissant. Le résultat de ces études fut la construction des Lapérouse, Nielly, d'Estaing, Primauguet, de M. le directeur des constructions navales Bienaymé (*pl.* 334, *fig.* 1683 ; *pl.* 337, *fig.* 1729), des Forfait, Villars, Magon et Roland, de M. le directeur des constructions navales Sabattier (*pl.* 335, *fig.* 1684 ; *pl.* 337, *fig.* 1730). Ils sont aujourd'hui appelés croiseurs de 1re classe.

Le type Lapérouse a 81m,75 de long, 5m,79 de tirant d'eau arrière, 2319 tonneaux de déplacement; il est armé de quinze à dix-sept canons de 14 centimètres sur les gaillards, dont deux en chasse et un en retraite. La voilure est de 27 B² ; la vitesse d'essai a atteint 15nœuds,31.

Le type Villars a 76m,30 de long, 5m,81 de tirant d'eau arrière, 2419 tonneaux de déplacement. Il a quinze canons de 14 centimètres, dont deux sous la teugue à des sabords de pans coupés, et un à l'arrière; il porte une surface de voilure de 29,8 B², et a atteint aux essais une vitesse de 14nœuds,60.

La distance franchissable de ces deux types est d'environ 4800 milles.

NOMS DES NAVIRES.		COQUE.	APPAREIL moteur.	COMBUSTIBLE.	MATURE, embarcations, approvisionnements.	ARTILLERIE.	ÉQUIPAGE, vivres, eau.	TOTAL.
Dupleix (*pl.* 337, *fig.* 1726)	Tonneaux	796	289	318	202	107	116	1828
	Pour 100	44	16	17	11	6	6	
Infernet (*pl.* 337, *fig.* 1727)	Tonneaux	865	369	345	164	102	95	1940
	Pour 100	45	19	18	8	5	5	
Seignelay (*pl.* 337, *fig.* 1728)	Tonneaux	835	398	336	211	67	96	1943
	Pour 100	43	21	17	11	3	5	
Lapérouse (*pl.* 337, *fig.* 1729)	Tonneaux	1090	463	317	172	163	114	2319
	Pour 100	47	20	14	7	7	5	
Villars (*pl.* 337, *fig.* 1730)	Tonneaux	1100	493	334	194	175	123	2419
	Pour 100	46	20	14	8	7	5	

Croiseurs de 3e classe. — Les croiseurs de 3e classe ont un rôle plus modeste à remplir; éclaireurs d'escadre, croiseurs dans les mers d'Europe, attachés en temps de paix aux stations lointaines, ils ne sont pas destinés à combattre des navires ayant une grande puissance défensive, et ont par suite besoin plutôt d'une belle vitesse que d'un fort armement.

Talisman, Volta. — Nous citerons comme types déjà un peu anciens le Talisman de M. Normand (*pl.* 335, *fig.* 1685 ; *pl.* 337, *fig.* 1731) (1863, longueur 68m,55, déplacement 1333 tonneaux, armement 6 canons de 14 centimètres, vitesse 12nœuds,38), et le Volta de M. l'ingénieur de la marine Pastoureau (*pl.* 335, *fig.* 1686 ; *pl.* 337, *fig.* 1732) (1867, longueur 63m,50, déplacement 1300 tonneaux, armement 1 canon de 16 centimètres et 5 de 14 centimètres, vitesse 12nœuds,94).

Type Bourayne (*pl.* 335, *fig.* 1687, *pl.* 337, *fig.* 1733). — En 1867, on mit en chantier, sur les plans de MM. Dupuy de Lôme et Pastoureau, dix croiseurs du type Bourayne (1). La longueur

(1) Beautemps-Beaupré, Dayot, Duchaffaut, Ducouëdic, Hugon, Kerguelen, Kersaint, Segond, Vaudreuil.

est de 62^{m},68, le déplacement de 1300 tonneaux en moyenne. L'armement se compose d'un canon de 16 centimètres placé à l'avant, et pouvant, grâce à un mât de misaine tripode, tirer jusque sur l'arrière du travers, et de cinq canons de 14 centimètres; sur quelques-uns, on a substitué au canon de 16 centimètres un canon de 14 centimètres élevé sur une teugue, et placé les canons du travers à des sabords en encorbellement,

Sept de ces navires ont reçu une machine de 900 chevaux indiqués, et ont filé 12 nœuds. Sur les trois derniers, Beautemps-Beaupré, Duchaffaut (*pl.* 337, *fig.* 1734) et Kerguelen, la force de la machine a été portée à 1200 chevaux, et la vitesse à 12^{nœuds},75 environ.

Rigault-de-Genouilly (*pl.* 335, *fig.* 1688; *pl.* 337, *fig.* 1735). — Sur le type Rigault-de-Genouilly, éclaireur, mis en chantier en 1874 sur les plans de M. Bienaymé, la vitesse a été accrue, l'artillerie a été un peu augmentée comme nombre, mais on a renoncé au calibre de 16 centimètres.

Le déplacement de 1713 tonneaux est supérieur de 400 tonneaux environ à celui du type précédent; la longueur est augmentée de 10 mètres. L'artillerie se compose de huit canons de 14 centimètres, dont un en chasse sur la teugue, et un sur plate-forme à l'arrière. La puissance indiquée a atteint au maximum 2400 chevaux, et fourni une vitesse de 15 nœuds.

Milan (*pl.* 335, *fig.* 1689; *pl.* 337, *fig.* 1736). — Le Milan de M. Bertin est le premier croiseur construit en acier. La longueur est de 93^{m},55, et le déplacement de 1550 tonneaux. L'artillerie, extrêmement réduite, ne se compose que de cinq canons de 10 centimètres, huit canons Hotchkiss, et en fait plutôt un porteur de dépêches qu'un navire de combat; il a reçu d'ailleurs deux affûts lance-torpilles. La vitesse a atteint 18^{nœuds},17; la distance franchissable est de 5000 milles pouvant être portés à 6600, avec une surcharge de 100 tonneaux. Le poids de coque ne s'élève qu'à 41 0/0 du déplacement.

NOMS DES NAVIRES.		COQUE.	APPAREIL moteur.	COMBUSTIBLE.	MATURE, embarcations, approvisionnements.	ARTILLERIE.	ÉQUIPAGE, vivres, eau.	TOTAL.
Talisman (*pl.* 337, *fig.* 1731)	Tonneaux.	659	167	271	124	47	65	1333
	Pour 100.	49	13	20	9	4	5	
Volta (*pl.* 337, *fig.* 1732)	Tonneaux.	610	209	234	130	39	78	1300
	Pour 100.	47	16	18	10	3	6	
Bourayne (*pl.* 337, *fig.* 1733)	Tonneaux.	658	202	187	107	62	77	1293
	Pour 100.	51	16	14	8	5	6	
Duchaffaut (*pl.* 337, *fig.* 1734)	Tonneaux.	596	221	224	127	49	72	1289
	Pour 100.	46	17	17	10	4	6	
Rigault-de-Genouilly (*pl.* 337, *fig.* 1735)	Tonneaux.	795	409	197	134	94	84	1713
	Pour 100.	46	24	12	8	5	5	
Milan (*pl.* 337, *fig.* 1736)	Tonneaux.	631	439	309	91	27	53	1550
	Pour 100.	41	28	20	6	2	3	

Avisos. — Au-dessous des croiseurs de 3e classe se range une classe, de navires plus modestes encore comme dimension et comme armement, et appelés tour à tour avisos, avisos de station, canonnières de station. Leur déplacement est d'environ 8 à 900 tonneaux, leur vitesse de 11 à 13 nœuds; ils portent généralement quatre canons du calibre maximum de 14 centimètres.

Nous nous bornerons aux deux types les plus récents, le type Bouvet (1) de M. l'ingénieur de la marine Marchegay (*pl.* 335, *fig.* 1690 et *pl.* 337, *fig.* 1737), et le type Bisson (2) de M. le directeur des constructions navales Sabattier (*pl.* 335, *fig.* 1691 et *pl.* 337, *fig.* 1738).

Les dimensions principales sont peu différentes :

	Bouvet.	Bisson.
	m	m
Longueur	61,10	61,20
Largeur	8,56	8,75
Creux	4,60	4,92
Déplacement	860tx	834tx

Le Bisson a quatre canons de 14 centimètres, un sur la teugue, un second à l'arrière sur plate-forme, deux autres placés dans l'axe, et tirant par de larges embrasures, fournies par le rabattement des pavois. Le Bouvet a un canon de 10 centimètres sur la teugue, et trois de 14 centimètres aux sabords.

Ces navires ont reçu une forte voilure, dont la surface est d'environ 39 fois celle du couple milieu; leurs machines, qui donnent jusqu'à 1000 chevaux indiqués, avec tirage forcé, leur impriment des vitesses de 12 à 13 nœuds.

La distance franchissable est de 2270 milles pour le Bouvet, 3270 milles pour le Bisson.

La décomposition du déplacement de ces navires, et des types qui les ont précédés, est indiquée dans le tableau ci-dessous :

NOMS DES NAVIRES.		COQUE.	APPAREIL moteur.	COMBUSTIBLE.	MATURE, embarcations, approvisionnements.	ARTILLERIE.	ÉQUIPAGE, vivres, eau.	TOTAL.
Latouche-Tréville	Tonneaux	405	121	128	82	20	40	796
	Pour 100	51	15	16	10	3	5	
Bruat	Tonneaux	397	112	101	80	26	45	760
	Pour 100	52	15	13	11	3	6	
Parseval (*pl.* 337, *fig.* 1737)	Tonneaux	402	149	111	100	46	52	860
	Pour 100	47	17	13	12	5	6	
Bisson (*pl.* 337, *fig.* 1738)	Tonneaux	377	140	148	89	33	47	834
	Pour 100	45	17	17	11	4	6	

On voit que les économies faites sur le poids de coque ont été reportées sur l'artillerie, l'appareil moteur et le combustible.

Au-dessous des avisos, se rangent un nombre assez considérable d'avisos de flottille, à roues ou à hélice, qui n'ont pas un rôle aussi important, et que nous ne passerons pas en revue.

Canonnières. — On confond sous le nom de canonnières des navires de rôles très différents; les canonnières proprement dites, petits navires destinés à l'attaque et à la défense des côtes, et en particulier des estuaires et rivières à fort tirant d'eau; les chaloupes canonnières, qui ne sont

(1) Bouvet, Parseval.
(2) Bisson, Labourdonnais, Chasseur, Voltigeur, Hussard, Dumont-d'Urville



destinées qu'à la défense des ports et rades, et dont le but unique est de transporter, sans grande rapidité, une pièce de grosse artillerie.

Les canonnières ont été souvent divisées en deux classes, et celles de première classe étaient destinées à jouer dans les stations navales le rôle de petits avisos. Quoique n'ayant pas les qualités nautiques, qui permettent à un navire de parcourir en tout temps et avec sûreté les mers, elles en possèdent assez pour pouvoir se transporter à un poste éloigné, et, une fois qu'elles y sont parvenues, circuler le long des côtes, remonter les rivières, remplir divers offices, auxquels les navires à grand tirant d'eau sont impropres.

La description de tous les types de canonnières construits par notre marine serait l'histoire des guerres maritimes et coloniales entreprises dans les trente dernières années. Nous nous contenterons de mentionner les types suivants:

1854. — Canonnières de Crimée,

1re classe	495 tonneaux	4 canons de 50
2e classe	300 —	2 — de 50

Ces navires sans vitesse, sans qualités nautiques, n'étaient propres qu'à la guerre de côtes.

1859 (1). Type Décidée, de M. le directeur des constructions navales Aurous (*pl.* 335, *fig.* 1692 et *pl.* 337, *fig.* 1739).

Longueur		38m,84
Largeur		6,71
Creux		2,85
Tirant d'eau arrière		2,90
Déplacement		413tx
Armement	2 canons de	14cm
	1 canon de	4
Surface de voilure		32 B²

Tout en ayant des qualités nautiques meilleures, ces canonnières eurent une forte tendance au roulis et à la dérive; leur vitesse à la vapeur atteignait 8nœuds,80, et leurs fonds plats, très appropriés à la navigation en rivière, ne convenaient ni pour une bonne marche à la voile, ni pour la bonne utilisation de l'hélice.

1860. Type Diligente, de M. l'ingénieur de la marine Lemoine (*pl.* 335, *fig.* 1693 et *pl.* 337, *fig.* 1740) :

Longueur		36m,93
Largeur		6,50
Creux		2,72
Tirant d'eau arrière		2,38
Déplacement		282tx
Armement	1 canon de	16cm
	2 canons de	4
Surface de voilure		32,3 B²

La finesse était beaucoup plus grande que dans le type précédent, la vitesse dépassait 9 nœuds. Les qualités nautiques bien améliorées permirent à ce petit navire de faire campagne hors des mers d'Europe, avec des approvisionnements toutefois bien restreints pour une longue

(1) Décidée, Pique, Tactique, Surprise.

campagne, la distance franchissable avec l'approvisionnement de charbon n'atteignant pas 600 milles.

1862. — Type Lebrethon (1) :

Longueur		35,38 m
Largeur		6,72
Tirant d'eau moyen		2,04
Déplacement		268tx
Armement	1 canon de	16cm
	2 canons de	4

Ces canonnières furent construites à Ning-Po, par M. l'ingénieur de la marine Verny, et sur ses plans ; on n'avait pas eu assez confiance dans les qualités nautiques d'aussi petits navires pour leur faire faire une aussi longue traversée.

1867. — Type Aspic (ancien), de M. l'ingénieur de la marine Lemoine (2) :

Longueur		39,56 m
Largeur		6,58
Creux		2,72
Tirant d'eau arrière		2,37
Déplacement		309tx
Armement	1 canon de	16cm
	2 canons de	4
Surface de voilure		32,2 B²

Un léger agrandissement de la coque de la Diligente permit, en réduisant la vitesse à 8 nœuds, de porter la distance franchissable à 1070 milles. Ces canonnières ont fait preuve de bonnes qualités nautiques.

1869. — Type Chacal (3), de M. Dupuy de Lôme (*pl.* 335, *fig.* 1694 et *pl.* 337, *fig.* 1741). On continue à chercher l'augmentation du calibre de l'artillerie, et on veut faire porter à des canonnières du 19 centimètres; aussi atteint-on sur le Chacal les dimensions suivantes :

Longueur		43,70 m
Largeur		7,40
Creux		3,06
Tirant d'eau arrière		2,79
Déplacement		482tx
Armement	1 canon de	19cm
	1 canon de	12cm
	2 canons de	4
Surface de voilure		31 B²

La vitesse atteignit 9nœuds,60, mais grâce au poids du canon de 19 centimètres et aux formes pleines, que son établissement sur l'avant nécessitait, les qualités nautiques furent mauvaises, les roulis et les tangages violents, la dérive considérable. Aussi n'a-t-on pas conservé le canon de 19 centimètres, auquel on a substitué un canon de 16 ou même de 14 centimètres.

(1) Lebrethon, Kenney, Bourdais, Tardif.
(2) Aspic, Couleuvre, Frelon, Scorpion.
(3) Chacal, Étendard, Fanfare, Gladiateur, Hyène, Jaguar, Léopard, Oriflamme.

1873. Type Crocodile (1), de M. l'ingénieur de la marine Bertin (*pl*. 335, *fig*. 1695 et *pl*. 337, *fig*. 1742). Sur ce type de navire, on cherche moins la puissance de l'artillerie que la possibilité de naviguer en toute sécurité en haute mer, d'atteindre une vitesse dépassant 10 nœuds. On y arrive avec les dimensions suivantes, différant de celles du type Chacal, surtout pour le creux et le tirant d'eau, qui sont notablement augmentés :

Longueur		41m,68
Largeur		7,30
Creux		3,58
Tirant d'eau arrière		3,05
Déplacement		450tx
Armement	2 canons de	14cm
	2 canons de	10cm
Surface de voilure		32,5B²

Le type Aspic (nouveau) (*pl*. 335, *fig*. 1696) a à peu près les mêmes dimensions que le Crocodile.

Le type Capricorne et le type Lion ont un creux plus élevé, 3m,75 ; la finesse est un peu plus grande que dans les navires précédents.

Canonnières cuirassées. — Les navires qui précèdent ont le grave inconvénient de ne présenter aucune défense aux boulets ennemis, et d'être, grâce à leur faible vitesse, un but facile à atteindre. Aussi s'est-on souvent préoccupé d'avoir de petits navires cuirassés propres à la défense des côtes et des rivières.

En 1859, un premier type de batterie cuirassée, étudié par M. Dupuy de Lôme, fut mis en chantier, et poussé avec une extrême rapidité par la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée. La première canonnière fut construite et démontée pour l'expédition d'Italie en 37 jours, mais arriva néanmoins trop tard sur le théâtre de la guerre.

Les dimensions principales furent les suivantes :

Longueur		21m,94
Largeur		7,70
Creux		1,70
Tirant d'eau arrière		1,00
Déplacement		142tx
Armement	2 canons de	16cm
Cuirasse		0m,08
Vitesse		4n,40

Ces batteries, construites en fer, étaient cuirassées à la flottaison et sur les murailles du réduit, qui s'élevait au-dessus du pont pour abriter l'artillerie, disposée pour le combat en pointe ; elles se démontaient en tranches, que l'on boulonnait les unes aux autres, en interposant une bande de caoutchouc ; le démontage pouvait se faire en 45 heures, et le remontage en 87.

En 1864, un nouveau type fut créé par M. Dupuy de Lôme, et on construisit six batteries en vue d'une campagne sur le Rhin. L'artillerie ne se composa que de deux canons de 14 centimètres, le cuirassement resta le même et la vitesse fut portée à 5nœuds,37. Le déplacement, doublé, atteignit 285 tonneaux.

(1) Crocodile, Lionne, Lynx, Lutin.

La première batterie fut construite en 58 jours ; pas plus que le type de 1859, et pour des raisons malheureusement bien différentes, le type de 1864 ne put rendre de services.

Depuis cette époque, la question des canonnières cuirassées a été souvent agitée ; il y a quatre ans seulement on a mis en chantier deux types de canonnières cuirassées, dus à MM. les ingénieurs de la marine Chaudoye et Albaret, types Achéron (*pl.* 335, *fig.* 1697 et *pl.* 337, *fig.* 1743) et Fusée (*pl.* 335, *fig.* 1698 et *pl.* 337, *fig.* 1744). Ce sont de véritables navires de mer, d'un déplacement et d'une vitesse assez considérables, portant leur grosse artillerie dans une tourelle placée à l'avant, pourvus d'une ceinture et d'un pont blindé, et présentant un aspect extérieur, qui rappelle beaucoup celui des garde-côtes du type Cerbère.

Les dimensions principales sont les suivantes :

	ACHÉRON (1).	FUSÉE (2).
Longueur	55m,20	50m,30
Largeur	12,30	9,85
Creux	3,95	3,14
Tirant d'eau arrière	3,60	3,15
Déplacement	1589tx	1046tx
Armement	1 canon de 27cm 2 canons de 10cm	1 canon de 24cm 1 canon de 90mm
Blindage — Tourelle	20cm	20cm et 12cm
Blindage — Ceinture	20cm	de 20 à 14cm au milieu
Blindage — Pont	15mm, 15, 20 } 50mm	15mm, 15, 20 } 50mm
Vitesse	13 nœuds	13 nœuds

(1) Achéron, Cocyte, Phlégéton, Styx.
(2) Fusée, Flamme, Grenade, Mitraille.

Voici la répartition du déplacement de ces deux types :

NOMS DES NAVIRES.		COQUE.	CUIRASSE.	APPAREIL moteur.	COMBUSTIBLE.	MATURE, embarcations, approvisionnements.	ÉQUIPAGE, vivres, eau.	ARTILLERIE.	TOTAL.
Achéron (*pl.* 337, *fig.* 1743)	Tonneaux	675	476	170	78	90	22	78	1589
	Pour 100	42	30	11	5	5	2	5	
Fusée (*pl.* 337, *fig.* 1744)	Tonneaux	373	333	138	46	66	19	71	1046
	Pour 100	36	32	18	4	6	2	7	

Chaloupes canonnières. — En 1867, la marine anglaise s'était préoccupée de protéger ses rades contre les attaques des cuirassés, non pas seulement au moyen de canons établis dans des batteries à terre, mais par des pièces de gros calibre, portées sur des embarcations à vapeur de



petite dimension, sorte d'affûts flottants, peu exposés grâce à leur petitesse. Il résulta des études de l'Amirauté la création du type Staunch, pourvu d'un canon de 23 centimètres, pouvant être descendu à fond de cale pour la navigation.

On pensait aussi que des embarcations de ce genre pourraient donner un concours efficace à des opérations militaires entreprises par terre, mais dans le voisinage de la mer ou de l'estuaire d'un grand fleuve.

Bien avant cette époque, on s'était occupé en France de la création de petits navires de ce genre, dont voici les dimensions :

	TYPE ALERTE 1855.	TYPE ARC 1859.	TYPE HACHE 1862.	TYPE ARBALÈTE 18[illegible]6.
	m	m	m	m
Longueur	30,90	25,54	26,54	25,40
Largeur	6,20	4,90	4.90	4.90
Creux	1,64	2,10	2,10	2,04
Tirant d'eau arrière	1,40	1,69	1,47	1,80
Déplacement	140tx	89tx	94tx	104tx
Armement	1 canon de 30 2 caronades de 18	1 canon de 16cm	1 canon de 16cm	1 canon de 16cm.

Des études faites après 1867 résultèrent les canonnières la Mitrailleuse, le Tromblon et l'Épée. Sur la Mitrailleuse et le Revolver, de M. le capitaine de frégate Farcy, les dimensions sont réduites au minimum permettant de porter un canon de 24 centimètres. La longueur est de 15m,15, la largeur de 4m,66, le tirant d'eau arrière de 1 mètre, le déplacement de 45 tonneaux.

L'Épée, de MM. les ingénieurs de la marine Huin et Challiot, et le Tromblon, de M. l'ingénieur de la marine Berrier-Fontaine, construits en acier, ont des déplacements beaucoup plus considérables, 185 et 189 tonneaux, avec des tirants d'eau de 1m,81 et 1m,92. Ils portent un canon de 24 centimètres et un canon de 12 centimètres, et atteignent des vitesses de 8 à 9 nœuds.

Au point de vue de la défense des rades contre les cuirassés, les chaloupes canonnières ont certainement perdu à peu près toute leur importance par la création des torpilleurs, combattants bien autrement dangereux.

Mais elles conservent leur rôle de soutien efficace dans les opérations militaires entreprises dans des pays sillonnés de cours d'eau, tels que la Cochinchine et le Tonkin. La grosseur du calibre n'a plus la même importance, et ce qu'il faut avant tout rechercher dans des navires destinés à ce mode de combat, c'est la réduction du tirant d'eau.

Dans ces dernières années, il a été construit un assez grand nombre de canonnières en vue de la navigation dans les rivières de Cochinchine et du Tonkin.

Type Berthe de Villers (1). — Ce type, à tirant d'eau extrêmement réduit, 70 centimètres, se compose d'un flotteur à fond plat en acier, de 1m,30 de creux, sur le pont duquel s'élèvent

(1) Berthe de Villers, Carreau, Garnier, Henry-Rivière, Jacquin, Moulun, Pionnier.

des roofs, dans lesquels sont placés les chaudières et les logements ; le dessus des roofs forme pont, ou plutôt toiture, et reçoit l'artillerie.

A chaque extrémité de cette toiture, se trouve un canon de 10 centimètres ; de chaque côté sont établis six postes pour les canons-revolvers, au nombre de quatre. On peut en établir un sur une hune circulaire en tôle, qui surmonte un mât creux, dont le diamètre, 70 centimètres, permet d'accéder à la hune par son intérieur.

Les données principales de ce type sont les suivantes :

Longueur	37,20 m
Largeur	7,40
Creux	1,30
Tirant d'eau maximum	0,70
Déplacement	129 tonneaux
Armement	2 canons de 10cm 4 — revolvers
Vitesse	9 nœuds

Deux machines à un cylindre sont placées sur le pont à l'arrière, et actionnent deux roues montées sur le même arbre.

Ces canonnières, au nombre de sept, construites à l'usine Claparède, ont été démontées, transportées et remontées ensuite, l'une au Gabon, les autres au Tonkin.

Type Alerte (1). — Les quatorze canonnières de ce type, construites à Nantes par la Société des Chantiers de la Loire, d'un tirant d'eau beaucoup plus fort, 1m,10, et d'un déplacement moindre, 109 tonneaux, sont démontables par tranches. Les tranches sont au nombre de 20, longues pour la plupart de 1m,50, et réunies par des boulons traversant des membres en cornières, entre lesquels se place une bande de caoutchouc de 5 millimètres.

Ces canonnières sont amphisdromes, munies de deux hélices ; leurs données principales sont les suivantes :

Longueur	30,00 m
Largeur	5,80
Creux	2,25
Tirant d'eau maximum	1,10
Déplacement	109 tonneaux
Armement	2 canons de 10cm 3 — revolvers
Vitesse	9 nœuds

(1) Alerte, Avalanche, Baïonnette, Bouclier, Bourrasque, Caronade, Casse-tête, Cimeterre, Estoc, Mutine, Rafale, Redoute, Tirailleuse, Arquebuse.

CHAPITRE LIX.

TORPILLEURS. — TRANSPORTS.

Diverses espèces de torpilleurs. — L'emploi de la torpille dans les combats de mer ne remonte guère au delà de la guerre de Sécession, pendant laquelle on vit des embarcations à rames aller couler, au moyen de torpilles emmanchées au bout de longs espars, les navires ennemis.

Depuis cette époque, la torpille offensive pénétra en Europe, et pendant longtemps n'y fut employée que comme arme de combat d'embarcations, destinées en temps ordinaire à assurer le service courant du navire. Ce n'est que depuis une dizaine d'années, que l'on s'est décidé dans toutes les marines à la construction de petits navires spéciaux, auxquels une légèreté de coque et une puissance motrice exceptionnelles assurent actuellement des vitesses de 18 à 20 nœuds. Peu auparavant, la torpille automobile, créée par M. Whitehead, et fournie par lui à tous les gouvernements européens, était venue augmenter les ressources de l'offensive.

C'est en Angleterre, dans les chantiers de MM. Thornycroft et Yarrow, que le canot torpilleur est devenu le navire rapide que nous possédons aujourd'hui, et qui s'est peu à peu perfectionné.

Au point de vue de leur arme de combat, les torpilleurs peuvent se ranger en deux classes : les porte-torpilles et les lance-torpilles ; les premiers doivent arriver au contact de l'ennemi, leur torpille étant portée par une longue hampe, qui la place à 7^{m},50 en avant et 1^{m},60 au-dessous de l'eau. Les lance-torpilles sont pourvus à l'avant d'un ou deux tubes inclinés, débouchant à fleur d'eau, desquels sortent des torpilles automobiles Whitehead.

Au point de vue des dimensions et du rôle militaire, on peut classer les torpilleurs de notre flotte en plusieurs catégories.

1° *Torpilleurs vedettes.* — A part un torpilleur de modèle ancien, ces torpilleurs sont des embarcations de 18 à 20 mètres, destinées à l'origine à être portées par de grands cuirassés d'escadre, dont ils devaient être les auxiliaires dans le combat, ou à être transportées à la suite d'une escadre par des bâtiments spécialement installés dans ce but ; ils sont au nombre de 9.

2° *Torpilleurs garde-côtes de 2e classe.* — Ceux-ci sont destinés à la défense des rades de nos côtes ; leurs dimensions sont plus grandes, et leur permettent une navigation plus prolongée. A part deux torpilleurs Yarrow, qui n'ont que 22^{m},60 (31 et 32), tous les autres ont des longueurs de 26 à 28 mètres, et un déplacement de 30 à 34 tonneaux. Ils sont au nombre de 41.

3° *Torpilleurs garde-côtes de 1re classe.* — Ceux-ci atteignent des longueurs de 32 à 35 mètres, et un déplacement de 46 à 50 tonneaux. Ils comprennent les torpilleurs 26, 27 et 28, la série 60



à 74, enfin la série 75 à 125. Il faut y joindre les 9 torpilleurs type Balny, appelés torpilleurs de haute mer, qui ont 40m,75 de long et 66 tonneaux de déplacement, ce qui porte à 78 le nombre des torpilleurs de 1re classe.

Historique de la construction des torpilleurs. — Examinons maintenant la série d'essais, par lesquels a passé la création de notre flotte de torpilleurs.

Les premiers torpilleurs ont été construits d'après les données suivantes, formulées dans un programme du 30 janvier 1875 :

Longueur d'une vingtaine de mètres.

Coque en acier pouvant résister à un feu de mousqueterie.

Vitesse supérieure à 14 nœuds.

Approvisionnement suffisant pour 8 heures de marche à toute vitesse.

Les torpilleurs 2, 3 et 4, furent construits les deux premiers en France, le troisième chez M. Yarrow; le n° 3 fut seul pourvu d'un tube de lancement pour torpilles de 5m,80. Leurs vitesses furent de 13 à 14 nœuds, bien inférieures à celles des torpilleurs actuels, ce qui les a fait disparaître rapidement de la liste de la flotte.

A la même époque, M. Claparède construisit un lance-torpilles de 36 mètres, qui reçut le n° 1 ; il fut pourvu de deux tubes, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière.

Peu après, on se décida à commander à M. Thornycroft les torpilleurs 5 et 6; tout en augmentant les dimensions, on réduisait la durée de la chauffe pour obtenir une vitesse de 17 nœuds, largement dépassée d'ailleurs.

Les dimensions de ces deux torpilleurs, qui commencent la série des torpilleurs vedettes à grande vitesse, sont les suivantes :

Longueur	20m,37
Largeur à la flottaison	2,39
— au pont	2,59
Tirant d'eau arrière	1,41
Déplacement	15tx,206
Approvisionnement de charbon	1200kg
Vitesse	18n,34 et 17n,81
Puissance indiquée	210 et 197chx
M (coefficient d'utilisation)	3,20

Les torpilleurs 8 à 19 ont été construits par M. Thornycroft, et ont des dimensions plus fortes.

Longueur	26m,62
Largeur à la flottaison	2,93
— au pont	3,26
Tirant d'eau arrière	1,47
Déplacement	26tx,63
Approvisionnement de charbon	1600kg
Vitesse	18n,50 et 20n,00
Puissance indiquée	327 et 390chx
M	3,28

Les torpilleurs 20 à 25 ont été construits par MM. Normand, Claparède et les Forges et Chantiers de la Méditerranée; leurs dimensions sont très voisines :



	NORMAND 20 et 21.	CLAPARÈDE 22 et 23.	FORGES ET CHANTIERS 24 et 25.
	m	m	m
Longueur	27,36	27,25	27,44
Largeur à la flottaison	3,24	3,30	3,30
Largeur au pont	3,28	3,55	3,60
Tirant d'eau arrière	1,83	1,59	1,71
Déplacement	33^{tx},600	30^{tx},377	31^{tx},474
Approvisionnement de charbon	3000^{kg}	3000^{kg}	2300^{kg}
Vitesse	18^{n},8 et 19^{n},86	18^{n},32 et 18^{n},96	18^{n},55 et 18^{n},67
Puissance indiquée	498^{chx}	»	438^{chx}
M	3,04	»	3,028

Ces six navires sont des porte-torpilles.

On construisit ensuite une série de trois lance-torpilles de dimensions un peu plus grandes avec tube sous-marin.

	FORGES ET CHANTIERS 26.	NORMAND 27.	CLAPARÈDE 28.
	m	m	m
Longueur	34,76	33,00	35,42
Largeur à la flottaison	3,368	3,263	3,375
Largeur au pont	3,64	3,30	3,66
Tirant d'eau arrière	1,70	1,85	1,63
Déplacement	44^{tx},277	44^{tx},056	43^{tx},897
Approvisionnement de charbon	»	3000^{k}	»
Vitesse	19^{n},24	18^{n},31	18^{n},500

Les torpilleurs 29 et 30 sont des torpilleurs vedettes de 18 mètres, installés également en lance-torpilles. Ils ont été construits par M. Thornycroft, et ont atteint une vitesse de 16 nœuds environ.

Les dimensions sont les suivantes :

	m
Longueur	18,40
Largeur	2,168
Déplacement	11^{tx},851
Vitesse	16^{n},10 et 16^{n}

Les torpilleurs 31 et 32 de Yarrow, quoique classés par la liste de la flotte dans les torpilleurs garde-côtes, n'ont que les dimensions suivantes :

	m
Longueur	22,60
Largeur à la flottaison	3,00
— au pont	3,30
Tirant d'eau arrière	1,415
Vitesse	19^{n},57 et 19^{n},97

Avec le torpilleur 33 nous entrons dans la série des torpilleurs de 27 mètres, qui constitue actuellement le gros de nos torpilleurs garde-côtes de 2e classe, et qui comprend les nos 33 à 55, analogues d'ailleurs, comme dimensions, aux torpilleurs 8 à 25 indiqués plus haut.

	FORGES ET CHANTIERS		CLAPARÈDE 37 à 40 51 à 53 L. T.	NORMAND		
	33 à 36 et 50 (1) L. T.	43 à 46 P. T.		41 et 42 L. T.	47 à 49 P. T.	54 et 55 L. T.
	m	m	m	m	m	m
Longueur	27,44	27,55	27,25	27,36	27,46	27,46
Largeur à la flottaison	3,31	3,31	3,30	3,22	3,24	3,24
Largeur au pont	3,60	3,60	3,55	3,28	3,12	3,12
Tirant d'eau arrière	1,75	1,73	1,615	1,80	1,83	1,83
Déplacement	34tx,195	34tx,195	34tx,195	31tx,750	33tx,600	33tx600
Approvisionnement de charbon	2300kg	2300kg	3000kg	2300kg	3800kg	8000kg
Vitesse	18n,20 à 18n,80	18n,87 à 19n,46	19n,25 à 19n,89	18n,17 à 19n,03	18n,27 à 19n,11	19n,23 à 19n,59
Puissance indiquée	438chx à 470chx	430chx à 480chx	447chx	»	»	462chx
M	3,00 à 3,09	3,08 à 3,41	»	»	»	»

(1) Nous donnons (*pl.* 337, *fig.* 1747), le diagramme de la répartition du déplacement de ces torpilleurs.

Les torpilleurs 56 et 57 des Forges et Chantiers, 58 et 59 de Thornycroft sont des torpilleurs vedettes de petite dimension.

	FORGES ET CHANTIERS 56 et 57.	THORNYCROFT 58 et 59.
	m	m
Longueur	18,40	19,20
Largeur à la flottaison	2,168	2,13
Largeur au pont	2,33	2,285
Tirant d'eau arrière	0,97	0,99
Déplacement	12tx,215	10tx,600
Approvisionnement de charbon	570kg	525kg
Vitesse	14n,60	16n,92

A partir du n° 60 nous trouvons des torpilleurs appelés, peut-être un peu ambitieusement, torpilleurs à grand rayon d'action. Les numéros 60 à 64 ont des dimensions assez peu différentes à celles des numéros 65 à 74; tous sortent des chantiers de M. Normand, et sont disposés comme lance-torpilles.

TABLEAU



	60 à 64 (1).	65 à 74 (1).
	m	m
Longueur	33,00	33,00
Largeur à la flottaison	3,51	3,19
Largeur au fort	3,28	3,32
Tirant d'eau arrière	1,85	1,93
Déplacement	48^{tx},600	49^{tx},280
Approvisionnement de charbon	8380^{kg}	8380^{kg}
Vitesse	20^{n},15 à 20^{n},50	20^{n},55

(1) Nous donnons (*pl.* 337, *fig.* 1748) le diagramme de la répartition du déplacement de ces torpilleurs.

Les torpilleurs qui suivent les précédents dans l'échelle des grandeurs, portent les numéros 75 à 125. Leurs données principales sont les suivantes :

	m
Longueur entre perpendiculaires	35,00
Largeur extérieure	3,35
Tirant d'eau arrière	2,00
Déplacement	53^{tx},750
Approvisionnement de charbon	8380^{kg}
Vitesse	20 nœuds

Tous sont disposés en lance-torpilles, et reçoivent en outre un appareil porte-torpilles.

Enfin pour clore la série des torpilleurs proprement dits, nous trouvons 9 torpilleurs de haute mer; ils n'ont pas reçu de numéros, mais des noms, et constituent le type Balny (1). Les dimensions de ces torpilleurs sont les suivantes :

	m
Longueur	40,75
Largeur à la flottaison	3,27
— au plat bord	3,35
Tirant d'eau arrière	2,23
Déplacement	66^{tx},320
Approvisionnement de charbon	12^{tx}
Vitesse prévue	20 nœuds

Il existe deux tubes de lancement, quatre torpilles de 4^{m},40, et deux canons-revolvers; ces torpilleurs sont pourvus de trois mâts démontables.

Dans cette énumération de nos types de torpilleurs, on voit les dimensions principales aller sans cesse en s'accroissant, et permettre d'acquérir une vitesse plus forte, des qualités nautiques meilleures, une gêne moins grande pour l'équipage. En revanche, le but offert aux projectiles ennemis va sans cesse en grandissant, et le torpilleur, qui n'a d'autre défense que sa vitesse, court de plus en plus de dangers; la création de canon-revolvers et de canons à tir rapide rend la situation bien critique pour un torpilleur qui ne prendra pas l'ennemi par surprise.

(1) Balny, Déroulède, Doudart de la Grée, Dehorter, Edmond Fontaine, Bouët-Willaumez, Capitaine-Cuny, Capitaine-Mehl, Challier.

Les formes des torpilleurs ont naturellement une grande finesse. Le rapport de la longueur à la largeur à la flottaison varie de 9 à 12,4; le coefficient $\frac{V}{B^2L}$ varie de 0,56 à 0,60. Afin d'augmenter le diamètre de l'hélice, l'étambot descend beaucoup au-dessous de la quille, qui à l'arrière forme le tube de sortie de l'arbre porte-hélice. L'étrave, souvent droite, est aussi quelquefois renversée.

Construction et emménagements. — Examinons maintenant le mode de construction et de division de la coque.

La coque est construite en tôles et cornières d'acier, toutes les parties en sont zinguées. Les principaux échantillons sont les suivants :

		27 mètres.	33 mètres.	35 mètres.
Étrave		78^{mm}	»	80^{mm}
Étambot, au fort		$200^{mm} \times 55$	»	$155^{mm} \times 30$
Membrures	Espacement	$0^{m},50$	$0^{m},50$	$0^{m},50$
	Cornières droites	$40^{mm} \times 26 \times 5$	$40^{mm} \times 25 \times 5$	$40^{mm} \times 25 \times 5$
	Cornières renversées	$24^{mm} \times 24 \times 5$	$35^{mm} \times 35 \times 4$	$35^{mm} \times 35 \times 4$
Varangues	Hauteur	$0^{m},20$	$0^{m},30$	$0^{m},20$
	Épaisseur	$0^{m},002$	$0^{m},003$	$0^{m},003$
Barrots en cornières		$24^{mm} \times 24 \times 4$	$25^{mm} \times 25$	$40^{mm} \times 25$
Bordé extérieur	Œuvres mortes	$0^{m},003$	$0^{m},005$	$0^{m},005$
	— vives	$0^{m},004$	$0^{m},003$	$0^{m},003$
	Galbords	$0^{m},005$	$0^{m},004$	$0^{m},004$
Bordé du pont	Milieu	$0^{m},005$	$0^{m},005$	$0^{m},005$
	Extrémités	$0^{m},003$	$0^{m},003$	$0^{m},003$
Cloisons étanches	Épaisseur des tôles	$0^{m},002$	$0^{m},002$	$0^{m},002$ et $0^{m},0015$
	Cornières	$42^{mm} \times 26 \times 4$	$25^{mm} \times 40$	$25^{mm} \times 40$
	Espacement des cornières	$0^{m},50$	$0^{m},50$	$0^{m},50$
Dôme abri		$0^{m},005$	$0^{m},005$	$0^{m},005$
Poids de la coque		11 à 12^{tx}	$18^{tx},30$	$16^{tx},770$

Sur les torpilleurs de 27 mètres, il existe six ou sept cloisons; les deux compartiments extrêmes sont des coquerons, auxquels on n'accède que par un trou d'homme. Les autres compartiments, à partir de l'avant, renferment :

1° Le poste d'équipage ;
2° Le poste de combat ;
3° La chaudière ;
4° La machine ;
5° Le poste arrière.

Le poste de combat est surmonté d'un dôme en tôle de 5 millimètres, haut de 80 centimètres au-dessus du pont ; il sert d'abri au commandant et à l'homme de barre. Le charbon est logé dans deux soutes de chaque côté de la chaudière.

Toutes les ouvertures sont fermées par des panneaux à tourniquets, avec garnitures étanches. Le pont est recouvert d'une toile peinte.

Le gouvernail est commandé par des drosses en tringles ou en chaînes, qui circulent sur le pont, et vont s'enrouler sur une roue placée dans le dôme.

Les torpilleurs de 33 mètres ont des installations analogues ; ils ont sept cloisons étanches, et dans les compartiments extrêmes se trouvent des soutes pour approvisionnements. Il existe un double système d'épuisement ; un drain de 100 millimètres fait communiquer avec une caisse, dans laquelle peut puiser la pompe de circulation, les quatre grands compartiments de la chambre, de la machine, de la chaudière et du poste de l'équipage.

En outre, six éjecteurs d'un débit de 40 tonneaux à l'heure sont disposés pour épuiser chacun des compartiments, sauf les extrêmes.

Il existe un second gouvernail placé à l'avant, pouvant monter et descendre dans un puits, et être commandé à volonté par la roue du gouvernail arrière. Grâce à son emploi, le diamètre du cercle est abaissé de 440 mètres à 248 mètres, et le temps nécessaire pour le décrire de $3^{m}51^{s}$ à $1^{m}50^{s}$.

En vue de prévenir le retour d'accidents causés par la rupture ou le desserrage des tubes des chaudières, et l'invasion de la chambre de chauffe soit par la vapeur soit par les gaz du foyer, la porte du cendrier est installée à volets, un panneau pour le dégagement des gaz est percé sur l'avant de la chambre de chauffe, et peut être manœuvré soit de la machine, soit de la chaufferie.

Installation de combat des porte-torpilles. Hampe. — La hampe (*pl.* 339, *fig.* 1758) se compose d'une partie creuse en acier, longue de 7 mètres, à section elliptique. Les parois de ce tube sont soutenues de distance en distance par des entretoises à queue d'aronde. A l'extrémité avant se trouve un prolongement plein à section circulaire décroissant de 8 centimètres à 3 centimètres ; l'extrémité en forme de douille reçoit une fourche qui supporte la torpille.

Quand la hampe est renforcée, la partie creuse a 14 millimètres d'épaisseur ; à l'intérieur du tube et sur une longueur de 2 à 3 mètres commençant à un mètre du gros bout, se trouve une lame centrale à section de double T. Le poids de la hampe atteint par ces modifications 480 kilogrammes.

La hampe (*pl.* 338, *fig.* 1759-1760) glisse sur un rouleau *a*, fixé à l'étrave ; sa partie arrière repose sur un chariot engagé sur un chemin de fer, composé de deux rails fixés sur le pont par des cornières et des écharpes en tôle ; à l'avant du chemin de fer, sont deux montants verticaux, soutenus latéralement et sur l'arrière par des tirants ; ils sont réunis par une traverse en bois, sur laquelle s'arc-boute l'extrémité de la hampe, quand elle est plongée ; les deux montants la maintiennent en direction.

Le chariot étant arrivé à bout de course sur l'avant, un toc dégage le levier d'enclanchement, qui fixait jusqu'alors l'arrière de la hampe au chariot ; la hampe peut basculer, jusqu'à ce qu'elle soit arrêtée par deux bielles *b*, qui retiennent son extrémité à distance fixe du chariot, et limitent par suite l'immersion de la torpille.

Deux treuils ou tambours en bois dur, *c* et *d*, sur lesquels viennent s'enrouler une guinderesse et un cartahu de rentrée, servent à sortir et à rentrer la hampe.

L'inflammation est obtenue électriquement, par l'intermédiaire d'un câble armé à deux conducteurs *e*, qui, enroulé dans le poste avant sur un tambour de déroulement *f*, sort par un écubier, va se brider deux ou trois fois sur la fourche de la torpille, et enfin rejoindre celle-ci.

Sur les torpilleurs de petite dimension, l'installation est analogue à la précédente, avec quelques modifications résultant principalement de la hauteur moindre du pont au-dessus de l'eau. Les rails sont remplacés par des filières métalliques, qui vont en pente vers l'étrave.

La disposition de la guinderesse et du cartahu, celle du treuil, sont analogues à ce qui existe sur les torpilleurs précédents.

Tampons de choc. — Par suite de leur mode de combat, les torpilleurs sont très exposés aux chocs par l'avant; en vue d'éviter des avaries sérieuses à la coque, on installe généralement des tampons de choc.

Sur les torpilleurs 5 et 6 (*pl.* 340, *fig.* 1761-1762), des tampons de choc sont établis de part et d'autre de la hampe, et font une saillie de $1^m,70$; ils sont composés de cornières assemblées avec des fers plats formant treillis.

Sur quelques torpilleurs de 27 mètres (*pl.* 340, *fig.* 1763-1764), on a installé un tampon de choc hydraulique, formé de deux tubes d'acier *a a*, vissés dans un manchon intermédiaire *b* en fonte, formant cloison entre les deux tubes. Le tampon est guidé par deux presse-étoupes installés, l'un *c* dans les formes de l'avant, l'autre *d* à toucher la première cloison étanche. Le tube arrière est rempli d'eau; un piston fixe *e*, percé de 4 trous de 16 millimètres, est porté par une tige, qui sort du tube par un presse-étoupes, et est maintenue immobile par des jambes de force en pyramide, fixées à la coque.

Le tampon étant porté au moyen d'un cartahu *f* à la saillie maxima de 2 mètres, toute l'eau se trouve devant le piston; au choc le tube se déplace, et l'eau passe de l'autre côté du piston au travers des trous dont il est percé; il en résulte un amortissement du choc.

D'autres torpilleurs ont aussi reçu des tampons de choc à ressorts. L'appareil (*pl.* 338, *fig.* 1759-1760) se compose d'un beaupré en bois *g*, faisant une saillie de $2^m,30$, enveloppé dans une chemise en tôle, et guidé par deux colliers fixés à l'étrave et au pont. Il est emmanché à l'arrière dans une traverse en fer, dont les deux bouts sont fixés par des chapes à des ressorts à boudin *h*, dont l'extrémité avant est tenue sur le plat-bord. Chaque boudin peut éteindre une force vive de 80 tonneaux-mètres. En vue des chocs obliques, l'extrémité avant du beaupré est reliée par deux tirants aux extrémités de la traverse. Des arceaux de choc (*pl.* 340, *fig.* 1764) *i i* complètent la défense de l'avant du torpilleur dans le cas d'un choc oblique.

Appareil Coutausse. — Les canots à rames et les canots à vapeur sont pourvus d'une installation réglementaire de hampe pour torpilles portées. Pour les canots à rames (*pl.* 339, *fig.* 1767), la hampe en sap est terminée à l'avant par une fourche, à laquelle est fixée la torpille; elle traverse deux blins fixés, l'un *a* à l'étrave, l'autre *b* à l'extrémité d'un mâtereau, dont l'axe de rotation *c* est établi sur un banc. L'extrémité arrière de la hampe est poussée en avant par un cartahu de manœuvre *b m n*, qui fait retour sur une poulie à l'avant de l'embarcation. On hale la hampe en arrière au moyen du cartahu de retenue *p q*, dans lequel passent les conducteurs électriques. La torpille doit se trouver à $2^m,50$ sous l'eau, et à 6 mètres en avant de l'étrave.

Installation des canots à vapeur (*pl.* 339, *fig.* 1768-1769). — La hampe en bois, de $5^m,50$ de long, est environnée d'un manchon en tôle d'acier, et est continuée par une hampette en acier de 3 mètres de long, qui porte la torpille. Sur l'avant du canot et à bâbord, est placé un rouleau *a*, sur lequel porte la hampe; un chariot fixé à son extrémité arrière court sur deux filières *b c* en cordages de fil de fer zingué, tendues par des ridoirs à crocs, depuis l'arrière de l'embarcation jusqu'à l'un des barrots de la teugue en tôle d'acier, qui protège l'embarcation contre la gerbe d'eau que produit l'explosion.

Un cartahu de manœuvre *d e f*, faisant retour sur l'avant, sert à pousser la hampe; le cartahu de rentrée *b h* est actionné par un treuil placé dans la chambre à l'arrière. Les fils conducteurs

partent de la torpille, passent dans l'intérieur de la hampe, et, après l'avoir quittée, dans une corde spéciale, que l'on love dans la chambre en *i*.

Il existe en outre une hampe d'exercice en bois.

Tubes lance-torpilles (*pl.* 340, *fig.* 1770-1771). — La plupart des torpilleurs de grande dimension sont disposés pour lancer par l'avant des torpilles Whitehead ; ils reçoivent généralement deux tubes, inclinés sur l'horizon de 4 centimètres par mètre, aboutissant des deux côtés de l'étrave. Ces tubes sont en tôle d'acier, et sont alésés; ils sont fermés à l'arrière par une porte en bronze, à l'avant par un mantelet, que l'on peut manœuvrer du pont du torpilleur.

A la partie supérieure du tube est pratiquée une rainure guide, dans laquelle se trouve la came de mise en marche ; le tube est pourvu de freins danois, destinés à maintenir la torpille jusqu'au moment du départ.

Torpilleurs-avisos (1) (*pl.* 337, *fig.* 1745). — Le rôle de plus en plus important attribué aux torpilles dans la guerre navale a conduit à créer, non plus de grandes embarcations à vapeur, d'une vitesse exceptionnelle, mais des navires spéciaux, pouvant naviguer par leurs propres moyens, porteurs d'un équipage et d'approvisionnements suffisants pour une navigation de quelque durée.

Les plus grands des torpilleurs qui viennent d'être passés en revue, peuvent porter 17 hommes, 12000 kilogrammes de charbon au maximum et un approvisionnement de vivres insignifiant ; six à sept heures de marche à toute vitesse, une distance franchissable de 800 milles à 12 nœuds, constituent leur rayon d'action, assez peu étendu.

Sur les torpilleurs-avisos de M. de l'ingénieur de la marine Marchal, la coque atteint les dimensions suivantes :

Longueur	59^{m},20
Largeur à la flottaison	6,50
Tirant d'eau moyen	1,80
— arrière	3,20
Déplacement	321^{tx}
Surface du couple milieu	7^{m2},95
Vitesse prévue	18 nœuds

L'armement est formé de deux tubes de lancement, avec six torpilles de 4^{m},40, et de deux canons-revolvers. L'équipage se compose de 45 hommes, approvisionnés de vivres pour 30 jours, et d'eau pour 15.

L'appareil moteur, divisé en deux, atteint 2000 chevaux ; il est approvisionné de 42^{tx},480 de charbon, ce qui assure 22 heures environ de fonctionnement à toute vitesse, ou 400 milles parcourus. A 12 nœuds, on peut admettre que le torpilleur-aviso pourra parcourir 10 00 milles sans renouveler son charbon. On voit qu'une opération militaire contre des côtes peu éloignées des nôtres devient possible avec ces navires, et qu'ils ne sont pas réduits au rôle défensif ou auxiliaire des autres torpilleurs.

Torpilleurs-éclaireurs. — On a voulu aller plus loin encore dans cette voie, faire des éclaireurs d'escadre combattant avec des torpilles, et, cherchant toujours à augmenter le rayon d'action du torpilleur, on a dû, tout en consentant à une légère réduction de la vitesse, quadrupler

(1) Bombe, Coulcuvrine, Dague, Dragonne, Flèche, Lance, Sainte-Barbe, Salve.

à peu près le déplacement. Les torpilleurs-éclaireurs, type Condor (1) (*pl.* 337, *fig.* 1746), de M. l'inspecteur général du génie maritime de Bussy, ont les dimensions suivantes :

Longueur à la flottaison	68,00 m
Largeur	8,90
Tirant d'eau moyen	4,24
Déplacement	1269tx
Surface du couple milieu	31m2
Vitesse prévue	17 nœuds
Puissance indiquée	3200chx

L'armement se compose de cinq canons de 10 centimètres, cinq tubes lance-torpilles et quatre canons Hotchkiss.

La distance franchissable à 10 nœuds, en admettant à cette vitesse une utilisation de 4,00, est de 2800 milles ; elle est assurée par un approvisionnement de charbon de 142 tonneaux. Il existe en outre une petite voilure, composée de trois mâts légers à houaris.

La coque de ces navires est construite dans un système tout particulier, dont nous signalerons les points les plus importants.

La membrure, formée de barres en U, espacées généralement de 1m,20, et de 1m,169 dans la région des machines, est composée de deux parties ; l'une borde la varangue, et vient s'arrêter sous le pont principal en formant console ; l'autre repose par un talon sur ce pont, contourne l'œuvre morte et forme barrot du gaillard ; à l'avant seulement, à cause de l'impossibilité du raccordement, le barrot ne fait pas partie de la membrure.

Les membres sont croisés par une carlingue centrale et trois lisses latérales ; les deux premières forment carlingues de machines et de chaudières ; la troisième est étanche, et reçoit le pied des cloisons longitudinales latérales. Il existe en outre un vaigrage sur les varangues.

La protection est obtenue au moyen d'un pont cuirassé en dos d'âne ; dans la région des machines et des chaudières, sa ligne milieu est à peu près à la flottaison, et son livet à 0m,80 au-dessous ; aux extrémités, la ligne milieu s'abaisse à la même hauteur, ce qui fait que les fonds du navire sont protégés contre l'envahissement de l'eau. Ce pont cuirassé n'a pas de barrots ; il est soutenu par une cloison longitudinale centrale et deux latérales ; de plus une tôle pare-éclats, fixée en dessous, forme la corde inextensible de la section transversale du pont. Le bordé est formé de deux épaisseurs de 10 millimètres d'acier doux, et d'une épaisseur de 20 millimètres d'acier plus dur, placée par-dessus. Cette dernière s'arrête à 0m,60 de la muraille, qui est protégée par un cofferdam. Les panneaux sont abrités par un glacis formé d'une tôle de 20 millimètres inclinée, s'appuyant sur le surbau et sur le pont.

Remarquons enfin quelques particularités de construction, résultant de la grande finesse de ces navires, par exemple le relèvement des varangues bien au-dessus de la quille à l'arrière, et la constitution du plan diamétral par une tôle centrale armée de cornières, et par des remplissages en teak. Signalons également l'emploi fait pour la première fois de tôles extra-douces (tôles à 40 kilog. et 24 0/0), et de rivets en acier. Remarquons enfin l'extrême légèreté de la machine, 60 kilogrammes par cheval de 75 kilogrammètres.

Nous donnons ci-après la décomposition du déplacement de ces deux types.

(1) Condor, Faucon, Vautour, Épervier.

		Coque et Cofferdam.	Appareil moteur et appareils d'épuisement.	Combustible	Mature, embarcations, approvisionnements.	Artillerie — Torpilles.	Équipage, vivres, eau.	Total
Torpilleurs-avisos (Bombe)	Tonneaux. . .	143	82	42	14	20	19	320
	Pour 100. . .	45	26	13	4	6	6	
Torpilleurs-éclaireurs (Condor)	Tonneaux. . .	533	394	142	86	52	44	1251
	Pour 100. . .	43	31	11	7	4	4	

La représentation graphique en est faite par les figures 1745-1746 (*pl.* 337).

Transports. — Toutes les expéditions maritimes, qui n'ont pas uniquement pour but la destruction des ports du littoral ennemi, nécessitent le transport d'un corps de débarquement, dont les navires de guerre proprement dits ne peuvent se charger que dans une minime proportion. De là la nécessité soit de posséder une flotte de navires spéciaux, destinés au transport du personnel, des chevaux et du matériel de guerre, ou d'avoir recours par voie d'affrètement aux paquebots des compagnies de navigation.

Peu après la création de la flotte à vapeur, on reconnut, lors de l'expédition de Crimée, que les ressources de la marine de commerce, alors peu développée, étaient insuffisantes pour assurer le transport et le ravitaillement d'une expédition considérable. La marine, et ce fut pendant quinze ans un de ses principaux objectifs, entreprit de créer une flotte de transport, propre à combiner ses opérations avec celles de l'escadre de combat, et capable de jeter à terre trois divisions d'infanterie, avec leur cavalerie et leur artillerie. Depuis cette époque, le développement de nos colonies de l'extrême Orient, des lois pénales nouvelles ont rendu nécessaires des transports affectés aux malades et aux condamnés; on a utilisé pendant longtemps pour cet office d'anciens transports-écuries, et des navires de l'ancienne flotte à voiles; puis on s'est décidé à la construction de navires spéciaux.

1855. *Dordogne* (1) (M. l'ingénieur de la marine Leboulleur de Courlon). — Ces transports, dits de 1200 tonneaux, furent construits au nombre de 12; conçus comme transports de matériel, ils n'avaient qu'un faux-pont, ce qui les a toujours rendus peu avantageux comme transports de personnel et surtout de chevaux. Leurs formes étaient fines; la voilure était très developpée (39 B²); une machine de 500 chevaux indiqués leur donnait une vitesse d'un peu plus de 8 nœuds.

En même temps, à titre d'essai des navires en fer, on construisit la Seine avec des dimensions un peu moindres, et dans l'espoir de réaliser un bénéfice notable sur le poids de coque.

1855. *Adour* (2), *Mayenne* (3). — Ces transports, d'abord de 600 tonneaux, furent portés à 900 tonneaux par un allongement de 11^{m},90, accompagné de la construction d'un spardeck, qui donnait un second entrepont plus aéré; quatre navires, sur deux plans différents, furent construits en fer. Ces navires pouvaient porter 700 condamnés, 80 hommes de troupe avec deux mois de vivres.

(1) Dordogne, Durance, Gironde, Isère, Loire, Marne, Meurthe, Meuse, Nièvre, Rhin, Saône, Yonne.
(2) Adour, Ariège de M. l'ingénieur de la marine de Roussel.
(3) Mayenne, Sèvre de M. le directeur des constructions navales de Senneville.

1856. *Loiret.* — Ces navires, destinés seulement à porter 300 tonneaux de chargement, devaient atteindre une vitesse de 8 nœuds, pouvoir porter des chevaux dans l'entrepont et dans la cale, au besoin embarquer des pièces de mâture, des corps de chaudières. Deux seulement furent construits, le Loiret et la Somme; mais c'est d'eux que dérivent, par un léger agrandissement, tous nos transports-avisos. Ils sont dus à M. l'ingénieur de la marine Guesnet.

Nous résumons ci-après les dimensions principales de ces types, qui ont constitué notre première flotte de transports.

	TYPE DORDOGNE 1200 tonneaux.	TYPE SEINE 1200 tonneaux.	TYPE ADOUR 900 tonneaux.	TYPE LOIRET 300 tonneaux.
	m	m	m	m
Longueur	71,60	72,70	71,45	57,70
Largeur	12,90	11,60	10,30	9,06
Creux	7,50	7,30	8,11	5,60
Tirant d'eau moyen	5,30	4,50	5,09	4,11
Déplacement	2791tx	2150tx	2219tx	1131tx
Vitesse	8n,5	8n,95	10n,36	8n,92
$\frac{S}{B^2}$	36	37,8	35	36,3

Transports-écuries. — La question du transport des troupes de cavalerie était la plus difficile à résoudre, et l'entassement de chevaux dans les cales des transports type Dordogne avait donné les plus mauvais résultats. On voulait en outre dépasser la vitesse de 8nœuds,5, considérée jusqu'alors comme suffisante.

Aussi en 1856 se décida-t-on à adopter les plans de M. l'ingénieur de la marine Guesnet, et à construire les six transports du type Calvados (1) (*pl.* 337, *fig.* 1749), atteignant la vitesse de 10 nœuds, en portant la puissance de la machine de 500 à 750 chevaux. La coque était allongée de plus de 9 mètres, et le déplacement accru de 500 tonneaux.

Le chargement restait fixé à 1200 tonneaux, l'approvisionnement de charbon à 200 tonneaux; 300 chevaux pouvaient y être embarqués.

Peu après (1859), on créait un nouveau type, l'Ardèche (2) (*pl.* 337, *fig.* 1750) (6 navires), dont la vitesse atteignait 11 nœuds, grâce à des formes plus fines. Ces bâtiments, pourvus comme les précédents de deux entreponts éclairés par de petits sabords, pouvaient porter 440 chevaux, 400 cavaliers avec 20 jours de vivres, 12 jours d'eau et 150 tonneaux de chargement.

Enfin, en 1860, on mettait en chantier sur les plans de M. Guesnet les cinq transports du type Aveyron (3) (*pl.* 337, *fig.* 1751). Par un allongement de 1m,70, une augmentation de 400 tonneaux de déplacement et de 700 chevaux, on arrivait à une vitesse de 12 nœuds.

Le tableau ci-après donne la comparaison des divers éléments des quatre types de transport de troupes.

Tableau

(1) Calvados, Aube, Finistère, Garonne, Jura, Rhône.
(2) Ardèche, Allier, Drôme, Eure, Orne, Var.
(3) Aveyron, Corrèze, Creuse, Sarthe, Tarn.

	DORDOGNE	CALVADOS	ARDÈCHE	AVEYRON
	m	m	m	m
Longueur	71,42	80,53	81,27	83,00
Largeur	12,90	12,80	13,08	13,40
Déplacement	2720tx	3226tx	3245tx	3607tx
Puissance indiquée	500chx	750chx	800chx	1500chx
Chargement	1200tx	1200tx	1200tx	530tx
Surface de voilure	1625m²	1997m²	1967m²	2000m²

Les transports du type Aveyron ont été affectés exclusivement au service de la Cochinchine; on a dû dans ce but modifier complètement leur installation. Au-dessus de leurs deux entreponts, ils ont reçu une longue teugue, une longue dunette, des roofs centraux, des bouteilles extérieures, dont l'ensemble constitue presque un nouvel entrepont; aussi a-t-on dû réduire la voilure.

Transports de condamnés. — Pendant longtemps il n'a pas été construit de types de navires spéciaux pour le transport des condamnés. On a employé concurremment des transports-écuries, types Calvados et Ardèche, des frégates à voiles, Alceste, Virginie, etc., des frégates exhaussées d'un pont et pourvues d'une machine auxiliaire, Cérès, Entreprenante; dans les batteries de ces différents navires, on avait établi les prisons grillées nécessaires.

Plus récemment, en vue de réduire le nombre des voyages en Nouvelle-Calédonie, on a installé de la même manière quatre vaisseaux à deux ponts transformés en vaisseaux à voiles, la Loire, le Fontenoy, le Tage et le Navarin.

Plus récemment enfin, la nécessité de renouveler la flotte des transports de condamnés, que de nouvelles lois pénales rendront peut-être bientôt insuffisante, ont ramené à l'idée des transports mixtes spéciaux; on a mis en chantier, sur les plans de M. l'ingénieur de la marine Saglio, trois transports en fer : le Magellan, le Calédonien et le Pacifique (*pl.* 337, *fig.* 1757).

Les dimensions de ces navires sont les suivantes :

	m
Longueur	71,00
Largeur	16,50
Tirant d'eau arrière	7,10
— milieu	6,60
Déplacement	3996tx
B^2	82m²
Puissance indiquée	820chx

Les formes assez pleines de ces navires, leur mâture considérable en font des navires mixtes, qui ne trouvent dans leur machine de 820 chevaux qu'un moteur auxiliaire, leur permettant de gagner quelques jours dans leurs longues traversées; le parcours à faire à chaque voyage est de 9400 milles environ, et l'approvisionnement de charbon ne permet qu'un parcours de 2000 milles à 7 nœuds. Ces transports doivent pouvoir recevoir 400 condamnés, 450 passagers rationnaires, 66 passagers aux tables, et porter en outre 220 tonneaux de bagages et de matériel, soit un poids total de 312 tonneaux; le déplacement étant de 3996 tonneaux, on voit que le poids transporté n'y entre que pour 10 0/0, et si on y comprend les vivres destinés aux 400 condamnés pour cent vingt jours et aux 516 passagers pour deux cent vingt-cinq jours, le poids transporté s'élève à 20 0/0 environ du déplacement.

Le déplacement se décompose de la manière suivante.

		COQUE	APPAREIL moteur.	COMBUSTIBLE	MATURE, apparaux, embarcations.	ARTILLERIE	ÉQUIPAGE, vivres, eau.	OBJETS DIVERS	PASSAGERS, chargement.	TOTAL
Calédonien (*pl.* 337, *fig.* 1757)	Tonneaux.	1985	160	380	252	19	733	155	312	3996
	Pour 100.	50	4	10	6	»	18	4	8	

Avisos transports. — Dans certaines colonies la marine a besoin d'entretenir des navires qui puissent à volonté faire le service de transport et celui d'aviso, c'est-à-dire avoir une vitesse de 10 à 11 nœuds, et porter une artillerie suffisante pour opérer militairement contre des peuplades faiblement armées. Les transports de 300 tonneaux, Loiret et Somme, furent considérés comme aptes à ce service.

En 1862 on adopta le type Cher (1) (*pl.* 337, *fig.* 1752), d'après lequel 6 navires furent successivement construits ; leur armement se compose de quatre canons de 14 centimètres. Les dimensions principales sont les suivantes :

Longueur	63m,74
Largeur	10,30
Tirant d'eau moyen	4,50
Déplacement	1750tx
Approvisionnement de charbon	175tx
Puissance indiquée	600chx
Vitesse	9 à 10 nœuds

Ces navires devaient porter 400 tonneaux, avec un équipage de 60 hommes, et un armement de 2 canons de 18 rayés. On a jugé qu'ils rendraient de meilleurs services en les armant de 6 pièces de 18 rayées avec 79 hommes d'équipage, le disponible pour chargement étant diminué en conséquence. Plus tard ils ont reçu des pièces de 14 centimètres en remplacement des pièces de 18 rayées dont le type était démodé. Nous n'entrerons pas dans plus de détails sur ce point, les solutions ayant varié d'un navire à l'autre.

A partir de 1875 ont été construits 6 transports du type Allier (2) (*pl.* 337, *fig.* 1753), dont les dimensions diffèrent peu des précédentes, et qui portent le même armement.

Longueur	64m,20
Largeur	10,50
Tirant d'eau moyen	4,61
Déplacement	1660tx
Chargement (avec un approvisionnement de charbon de 260 tonneaux)	250tx
Vitesse	10 à 11 nœuds
Puissance indiquée	700chx

Enfin 7 nouveaux avisos-transports, type Aube (3), peu différents des précédents, viennent d'être terminés, ou sont en construction.

(1) Cher, Dives, Indre, Rance, Seudre, Vire de M. l'ingénieur de la marine Huin.
(2) Allier, Nièvre, Drac, Saône, Romanche, Scorff de M. le directeur des constructions navales Sabattier.
(3) Aube, Eure, Durance, Meurthe, Rance (nouvelle), Manche, Vaucluse.



On a construit également un aviso-transport d'un déplacement moindre, 1022 tonneaux, le Pourvoyeur, dont le type n'a pas été reproduit. Il n'est armé que de deux canons de 10 centimètres.

Tranports hôpitaux. — Le transport des malades et des convalescents, revenant des colonies des Antilles et de la Guyane, fut fait jusqu'en 1858 par des transports à voiles. A partir de cette époque ce service fut généralement fait par des frégates à voiles, que l'on avait transformées en navires à vapeur, et qui furent exhaussées d'un pont (Cérès, Hermione, Entreprenante).

Depuis l'occupation de la Cochinchine, ce service a pris une importance plus grande encore ; on a dû y affecter des navires d'une marche convenable à la vapeur, afin de pouvoir traverser rapidement les parages brûlants de la mer Rouge, et assurer le rapatriement des malades dans un temps suffisamment court. Aussi dut-on transformer les transports du type Aveyron, en leur ajoutant une vaste teugue et une longue dunette.

En 1872 on fut invité par la construction des confortables troop-ships de la marine anglaise à construire pour ce service des navires spéciaux.

D'après le programme adopté, ces navires devaient avoir une vitesse de 13 nœuds, porter 950 tonneaux de charbon, afin de n'avoir pas besoin de se ravitailler, porter 100000 rations, 800 passagers ; le tirant d'eau arrière ne devait pas dépasser $6^{m},80$, et le déplacement 5500 tonneaux.

On mit en chantier, sur les plans de M. l'ingénieur de la marine Cazelles, l'Annamite et le Mytho (*pl.* 337, *fig.* 1754-1755), le premier dans un système de construction mixte, le deuxième en fer. On a construit sur les plans du Mytho le Bien-Hoa, le Shamrock, le Tonquin et le Vinh-Long. Ce sont des transports à deux batteries, pourvus d'une voilure assez développée (25 B^2), et atteignant une vitesse de $13^{nœuds},25$; leurs machines développent 2600 chevaux environ.

Les dimensions principales sont les suivantes :

Longueur	105^{m},20
Largeur	15,32
Creux au gaillard	12,00
Tirant d'eau arrière	6,86
— moyen	6,44
Déplacement	5650^{tx}
Chargement, passagers / Vivres pour les passagers	700^{tx}
Approvisionnement de charbon	970^{tx}

Grâce au creux considérable de ces navires, on a pu donner à leur batterie inférieure une hauteur de ligne droite en ligne droite de $2^{m},55$, ce qui permet l'embarquement des chevaux.

Un type plus récent, d'après lequel viennent d'être construites la Gironde et la Nive, a, à peu de chose près, les mêmes dimensions principales ; le déplacement un peu plus fort, de 300 tonneaux environ, est obtenu par un grossissement des formes ; ces derniers navires ont été d'ailleurs principalement construits en vue du transport d'un corps de débarquement, et ne servent qu'accessoirement de transports-hôpitaux.

Transports de matériel. — La marine emploie enfin pour les transports de port à port des transports spéciaux pour le matériel, généralement construits en fer, d'un déplacement de 1800 à 2000 tonneaux, et d'une vitesse de 9 à 10 nœuds. Sans installation pour des passagers, ces navires, qui ont l'apparence extérieure de petits paquebots, ont de vastes cales de chargement, avec de larges panneaux pour l'embarquement de corps de chaudières.

Deux d'entre eux, l'Isère (*pl.* 337, *fig.* 1756) et la Vienne, ont été construits en France sur le type de la Moselle achetée en Angleterre.

Nous citerons encore comme transports de matériel l'Oise, puis l'Adour et l'Ariège dont il a été question plus haut, devenus usines flottantes, et comme transports mixtes, l'Européen, et le Japon transformé en école de torpilles.

Conclusion. — Si l'on envisage d'ensemble les constructions des marines de guerre pendant les vingt-cinq années qui viennent de s'écouler, il est facile d'y reconnaître l'effet de tendances et d'opinions contradictoires. Pendant une période qui se termine à la mise en chantier de l'Italia, on voit toutes les nations chercher à l'envi à rendre leurs navires invulnérables, employer dans ce but des blindages massifs, dont l'épaisseur et le poids s'accroissent sans cesse, devant la puissance toujours grandissante de l'artillerie. Le déplacement des navires augmente continuellement, et les géants, seuls capables de porter une armure écrasante, deviennent peu à peu les seuls navires de combat.

A ce moment, une nouvelle arme apparaît ; on croit la torpille appelée à supplanter le canon, à détruire facilement dans l'œuvre vive l'ennemi si puissamment défendu à la flottaison. Dès ce moment, on réduit la surface cuirassée, on arrive même à supprimer totalement le blindage ; on cherche à substituer à l'invulnérabilité, devenue irréalisable, la mobilité et l'insubmersibilité ; à diminuer la cible exposée aux attaques de l'ennemi, et l'importance d'un coup heureux, en restreignant le déplacement, ce qui permet d'augmenter le nombre des unités de combat.

Dès lors on peut appliquer aux luttes maritimes les principes usités depuis longtemps dans la tactique terrestre : les navires sont spécialisés en vue de l'arme, canon ou torpille, qu'ils sont destinés à porter. Le canon reste l'arme principale de destruction ; mais à côté de lui la torpille, portée par des navires rapides, sorte de cavalerie maritime toujours menaçante, protège ou inquiète tour à tour les navires de grande dimension. « Poursuivre un but unique, bien déterminé, mais un seul but à la « fois, tel est, a-t-on dit justement, le secret des constructions de l'avenir. »

Si la composition des escadres de combat est modifiée par l'apparition des torpilleurs, celle des flottes de guerre ne l'est pas moins à d'autres égards. Le torpilleur, puissante arme défensive, rend de plus en plus hasardeux le séjour dans les eaux ennemies. Les blocus, les débarquements deviennent presque impossibles, et la flotte des transports tend à se réduire aux navires strictement nécessaires pour assurer les services coloniaux.

C'est donc plutôt sur mer, que par l'attaque de ses ports, que l'on cherchera à frapper l'adversaire dans sa richesse, dans ses ressources vitales : des croiseurs, plus rapides que les paquebots, doivent poursuivre sans relâche le pavillon ennemi. C'est surtout avec eux que l'on pourra conserver pour son usage, en les interdisant aux autres, les grandes routes de l'Océan.

L'ingénieur ne pourra donc que chercher à satisfaire à des nécessités toujours changeantes, à des programmes sans cesse modifiés par les progrès de l'art militaire, les perfectionnements industriels, les transformations politiques. Chaque jour, il devra fournir l'instrument de combat nécessaire au marin, qui lui en suggère les principales données, souvent difficiles à concilier. C'est ainsi qu'il pourra, pour sa part, « *contribuer à la gloire des armes de la France, et soutenir l'hon-* « *neur du pavillon* ».

FIN DE LA HUITIÈME ET DERNIÈRE PARTIE.

INDEX ALPHABÉTIQUE.

NOTA. — Les noms propres sont en petites capitales, ceux de navires en caractères romains gras, ceux de lieux en caractères italiques, les pages du texte en chiffres maigres, les numéros des figures en chiffres gras.

B

D

E

M

N

Q

R

S

T

U

V, W

Y, Z

Paris. — Imprimerie E. Bernard et Cie, 71, rue Lacondamine (12.11.86).

